



**SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
GEODEZIJE**

---

**STUDIJ: STRUČNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**

**PROJEKT NOSIVE  
ARMIRANOBETONSKE KONSTRUKCIJE**

**ZAVRŠNI RAD**

**MENTOR:**

dr.sc. Nikola Grgić

**STUDENT:**

Borna Mardešić

**SPLIT, 2018.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**

**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ:                   **STRUČNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**  
KANDIDAT:           Borna Mardešić  
BROJ INDEKSA:   1613  
KATEDRA:           **Katedra za betonske konstrukcije i mostove**  
PREDMET:           Betonske konstrukcije 1

**ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD**

Tema: Projekt nosive armiranobetonske konstrukcije zgrade

Opis zadatka:

Zadana je shema nosive konstrukcije armiranobetonske zgrade, sa svim potrebnim dimenzijama (prilog zadatku). Također su zadana djelovanja na konstrukciju. Potrebno je proračunati nosivu konstrukciju, te za bitne elemente nacrtati planove armature. Statički proračun i armaturne planove izraditi sukladno propisima i pravilima struke.

U Splitu, 28.09.2017.

Voditelji Završnog rada:

dr.sc. Nikola Grgić

**PRILOG:**

Na priloženim skicama dana je shema nosive armiranobetonske konstrukcije objekta. U tablici su zadane sve potrebne dimenzije i djelovanja na konstrukciju.

Oznaka	Veličina	Jedinica	Opis
$L_1$	7,0	(m)	“raster“u uzdužnom smjeru
$L_2$	6,0	(m)	“raster“u poprečnom smjeru
H	3,3	(m)	visina etaža
p	3,50	(kN/m <sup>2</sup> )	pokretno opterećenje
$\sigma_{tla,dop}$	0,54	(MN/m <sup>2</sup> )	dopušteno naprezanje u tlu
$Z_v$	I		zona vjetra
$Z_p$	8		zona potresa
S	B 500 B		armatura
C	C 45/50		klasa betona

**SAŽETAK:**

Zadana je shema nosive konstrukcije armiranobetonske zgrade sa svim potrebnim dimenzijama (prilog zadatku). Također su zadana djelovanja na konstrukciju, te za neke elemente nacrtati planove oplata i armature. Statički proračun i armaturne planove izraditi sukladno propisima i pravilima struke.

**KLJUČNE RIJEČI:**

Armiranobetonska hala, numerički model, statički proračun, plan armature.

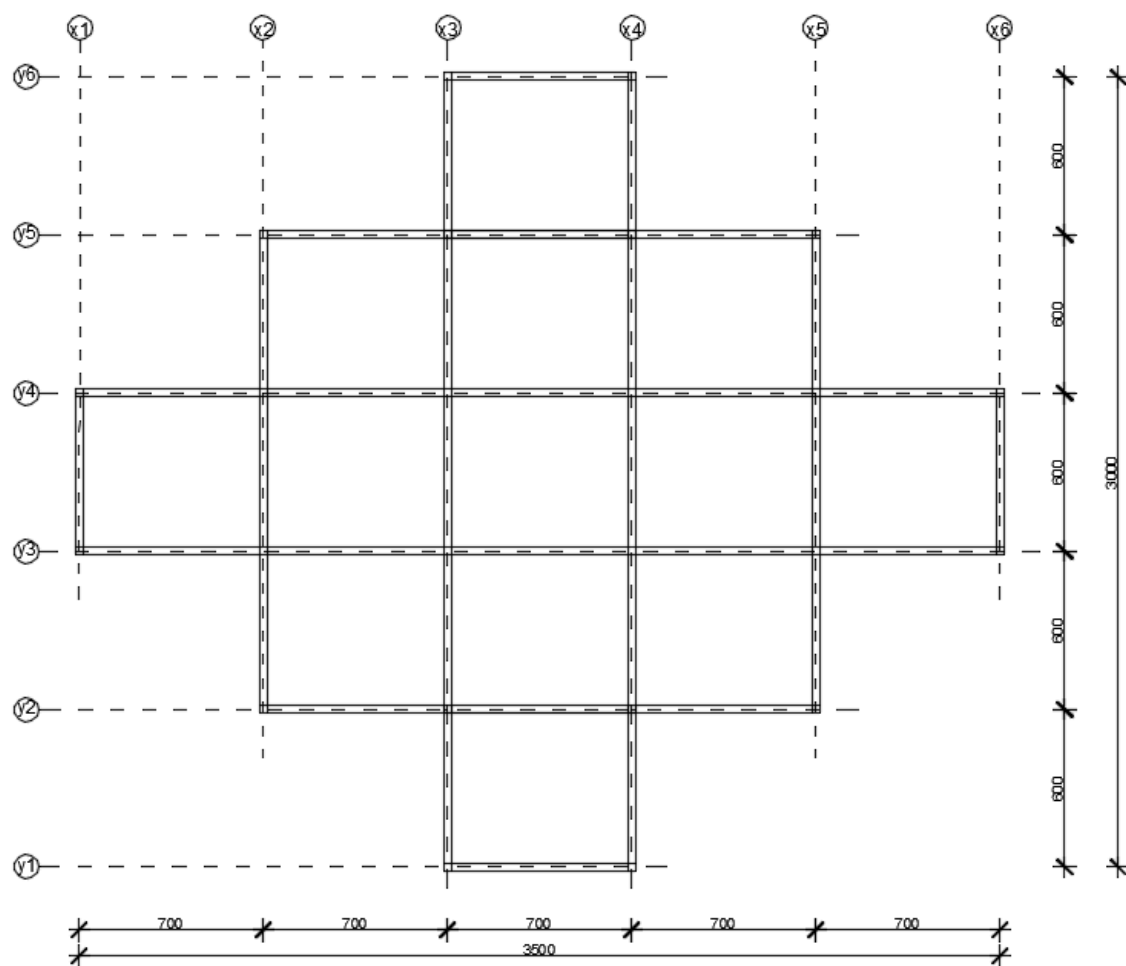
**ABSTRACT:**

The default scheme bearing structures reinforced concrete building, with all the required dimensions (Annex task). Also the default action on the structure, and for some elements draw plans and reinforcement. Structural analysis and reinforcement plans develop in accordance with the regulations and rules of the profession.

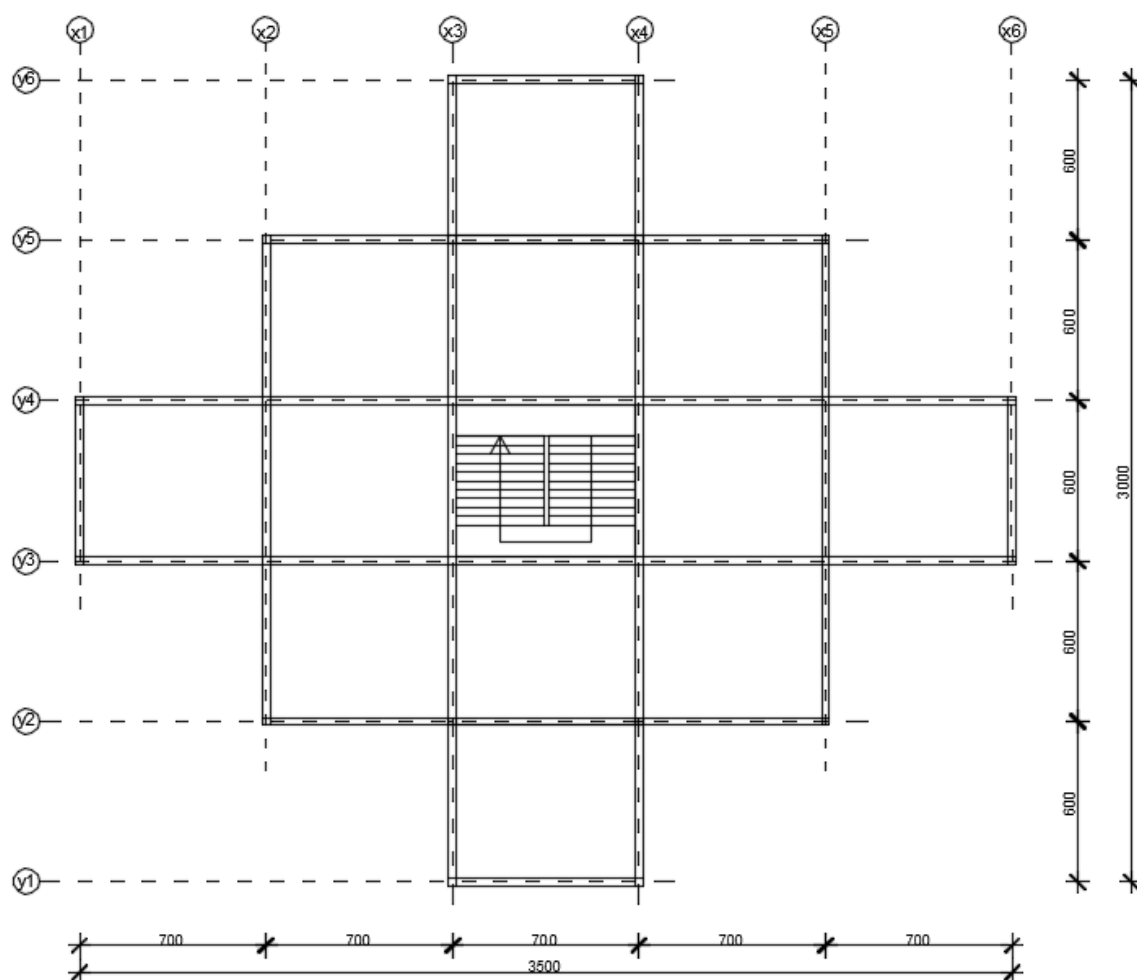
**KEYWORDS:**

Reinforced concrete hall, numerical model, static analysis, reinforcement plan

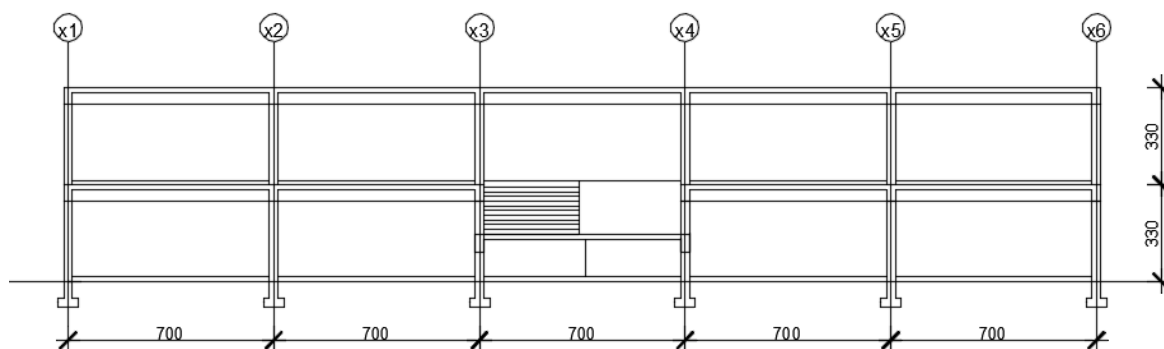
TLOCRT KROVNE KONSTRUKCIJE



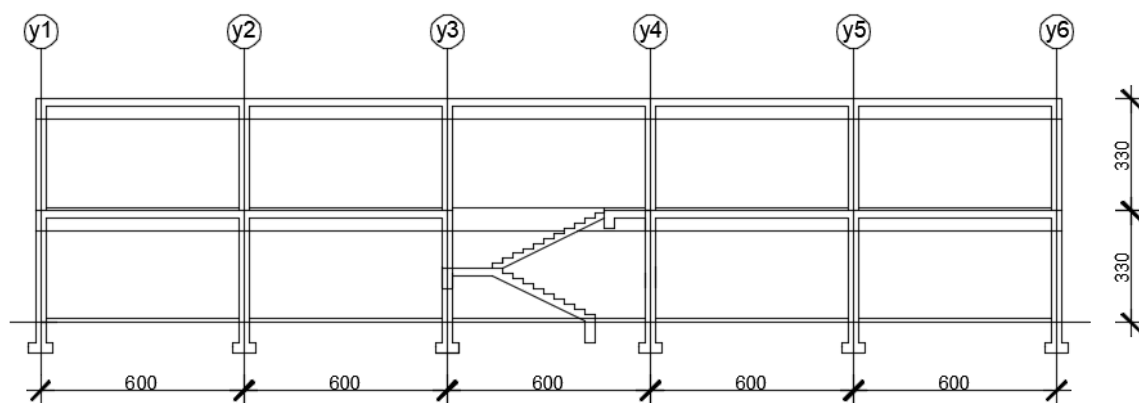
TLOCRT MEĐUKATNE KONSTRUKCIJE



PRESJEK NOSIVE KONSTRUKCIJE



PRESJEK NOSIVE KONSTRUKCIJE



<b>1. TEHNIČKI OPIS.....</b>	<b>8</b>
<b>2. GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE NOSIVIH ELEMENATA .....</b>	<b>9</b>
<b>3. ANALIZA OPTEREĆENJA .....</b>	<b>11</b>
3.1. POZICIJA 200 – KROV.....	11
3.1.1. <i>Stalno opterećenje</i> .....	11
3.1.2. <i>Uporabno opterećenje</i> .....	11
3.2. POZICIJA 100 – ETAŽA.....	13
3.2.1. <i>Stalno opterećenje</i> .....	13
3.2.2. <i>Uporabno opterećenje</i> .....	13
3.3. STUBIŠTE.....	15
3.3.1. <i>Stalno opterećenje</i> .....	15
3.3.2. <i>Uporabno opterećenje</i> .....	16
3.4. OPTEREĆENJE VJETROM .....	17
<b>4. PRORAČUN PLOČE POZICIJE 200 .....</b>	<b>23</b>
4.1. MOMENTI SAVIJANJA U PLOČI POZICIJE 200 .....	23
4.1.1. <i>Vlastita težina</i> .....	23
4.1.2. <i>Dodatno stalno opterećenje</i> .....	24
4.1.3. <i>Uporabno opterećenje</i> .....	25
4.1.4. <i>Granično stanje nosivosti</i> .....	26
4.2. DIMENZIONIRANJE PLOČE POZICIJE 200 (KROV) .....	27
<b>5. PRORAČUN PLOČE POZICIJE 100 .....</b>	<b>30</b>
5.1. MOMENTI SAVIJANJA U PLOČI POZICIJE 100 .....	30
5.1.1. <i>Vlastita težina</i> .....	30
5.1.2. <i>Dodatno stalno opterećenje</i> .....	31
5.1.3. <i>Uporabno opterećenje</i> .....	32
5.1.4. <i>Granično stanje nosivosti</i> .....	33
5.2. DIMENZIONIRANJE PLOČE POZICIJE 100 .....	34
<b>6. PRORAČUN KONTINUIRANOG NOSAČA .....</b>	<b>37</b>
6.1. MOMENTI SAVIJANJA I POPREČNE SILE GREDE .....	37
6.1.1. <i>Vlastita težina</i> .....	37
6.1.2. <i>Dodatno stalno opterećenje</i> .....	38
6.1.3. <i>Uporabno opterećenje</i> .....	39
6.1.4. <i>Granično stanje nosivosti</i> .....	40
6.2. DIMENZIONIRANJE NA MOMENT SAVIJANJA .....	41
6.3. DIMENZIONIRANJE NA POPREČNU SILU .....	43
6.4. KONTROLA PUKOTINA GREDE .....	45
6.5. KONTROLA PROGIBA GREDE .....	49

<b><u>7.</u></b>	<b><u>PRORAČUN STUBIŠTA</u></b> .....	<b>52</b>
7.1.	<u>MJERODAVNE REZNE SILE</u> .....	52
7.2.	<u>DIMENZIONIRANJE STUBIŠTA</u> .....	53
<b><u>8.</u></b>	<b><u>PRORAČUN ZIDOVA</u></b> .....	<b>54</b>
8.1.	<u>MOMENTI SAVIJANJA I UZDUŽNE SILE STUPOVA</u> .....	54
8.2.	<u>DIMENZIONIRANJE ZIDA</u> .....	54
<b><u>9.</u></b>	<b><u>PRORAČUN TEMELJA</u></b> .....	<b>55</b>
9.1.	<u>DIMENZIONIRANJE TEMELJA</u> .....	55
9.2.	<u>KONTROLA NAPREZANJA NA DODIRNOJ PLOHI TEMELJ – TLO</u> .....	56
9.3.	<u>PRORAČUN ARMATURE TEMELJA</u> .....	57
<b><u>10.</u></b>	<b><u>PRILOZI</u></b> .....	<b>59</b>
10.1.	<u>ARMATURA PLOČE POZICIJA 100- DONJA ZONA</u> .....	59
10.2.	<u>ARMATURA PLOČE POZICIJA 100- GORNJA ZONA</u> .....	59
10.3.	<u>ARMATURA PLOČE POZICIJA 200- DONJA ZONA</u> .....	59
10.4.	<u>ARMATURA PLOČE POZICIJA 200- GORNJA ZONA</u> .....	59
10.5.	<u>ARMATURNI PLAN GREDE</u> .....	59
10.6.	<u>ARMATURNI PLAN STUBIŠTA</u> .....	59
<b><u>11.</u></b>	<b><u>LITERATURA</u></b> .....	<b>60</b>



## 1. TEHNIČKI OPIS

Predmet ovog rada je projekt armiranobetonske nosive konstrukcije zgrade.

Predmetna građevina sastoji se od prizemlja i kata. Završna ploča kata je ujedno i ravni krov građevine.

Visina građevine iznosi 6,60 m, a tlocrtna površina građevine iznosi 585 m<sup>2</sup>.

Nosivu konstrukciju objekta je čine zidovi i grede iznad kojih je armiranobetonska ploča, a cijelo opterećenje prenosi se na trakste temelje. Rezne sile u pločama i gredama dobivene su pomoću programa *AspalathosLinear*, a korišten je ravninski model. Sve armiranobetonske ploče su debljine  $d=20.0\text{ cm}$ . Grede su dimenzija  $b/h=30/60\text{ cm}$ . Rezne sile u zidovima za različite kombinacije opterećenja dobivene su pomoću programa *AspalathosLinear*, a korišten je prostorni model (okvir). Odabrane su dimenzije zidova debljine 30 cm i trakastih temelja širine 60 cm. Za vertikalnu komunikaciju između katova predviđeno je armirano-betonsko stepenište debljine nosive ploče  $d=16.0\text{ cm}$ .

Izračunato stalno opterećenje za poziciju 200 (krov) iznosi 8,58 kN/m<sup>2</sup>, a uporabno opterećenje (prema propisima) iznosi 2,0 kN/m<sup>2</sup>. Zadano je uporabno opterećenje za poziciju 100 i iznosi 3,5 kN/m<sup>2</sup>, stalno opterećenje je 8,17 kN/m<sup>2</sup>. Građevina se nalazi u I. vjetrovnoj zoni s dozvoljenom brzinom vjetra  $v_{b0}=25\text{ m/s}$ .

Dozvoljeno naprezanje u tlu na dubini temeljenja iznosi  $\sigma_{dop}=0.54\text{ Mpa}$ .

Za nosivu armiranobetonsku konstrukciju odabran je beton C 45/50 i čelik za armiranje B500B.

Za sve armiranobetonske nosive elemente izvršen je proračun za granično stanje nosivosti, a za neke elemente izvršena je provjera graničnog stanja uporabljivosti. Na osnovi proračunskih vrijednosti momenata i dobivenih površina armature, te odabranih mreža i šipaki napravljeni su armaturni planovi za neke elemente konstrukcije. Svi nacrti i prikazi krojenja armaturnih mreža ploče, grede i zidova nacrtani su pomoću programa AutoCAD priloženi su u radu.

Statički sustav i armaturni planovi izrađeni su sukladno propisima i pravilima struke.

## 2. GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE NOSIVIH ELEMENATA

-visina ploče:

$$d_{pl} = \frac{L_x}{35} = \frac{600}{35} = 17,14$$

$$\Rightarrow \text{odabrano: } d_{pl} = 20 \text{ cm}$$

visina grede:

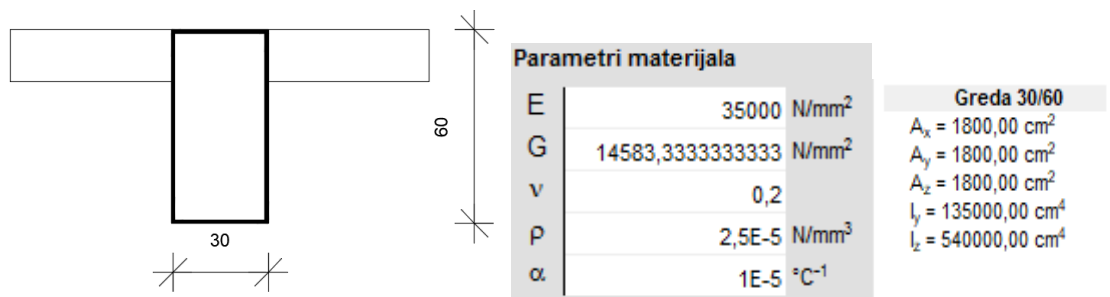
$$\frac{L_0}{12} = \frac{L_1}{12} = \frac{700}{12} = 58,33 \text{ cm}$$

$$\text{odabrano: } h_G = 60 \text{ cm}$$

-širina grede:

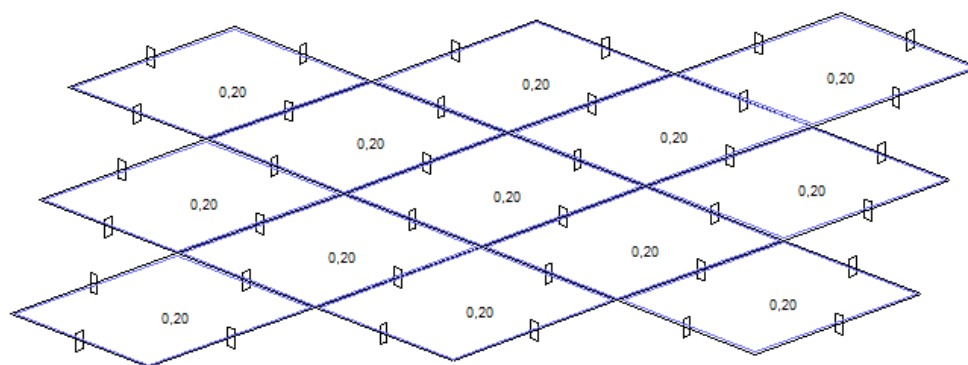
$$\frac{h_{G1}}{2} = \frac{60}{2} = 30 \text{ cm}$$

$$\text{odabrano: } b_G = 30 \text{ cm}$$



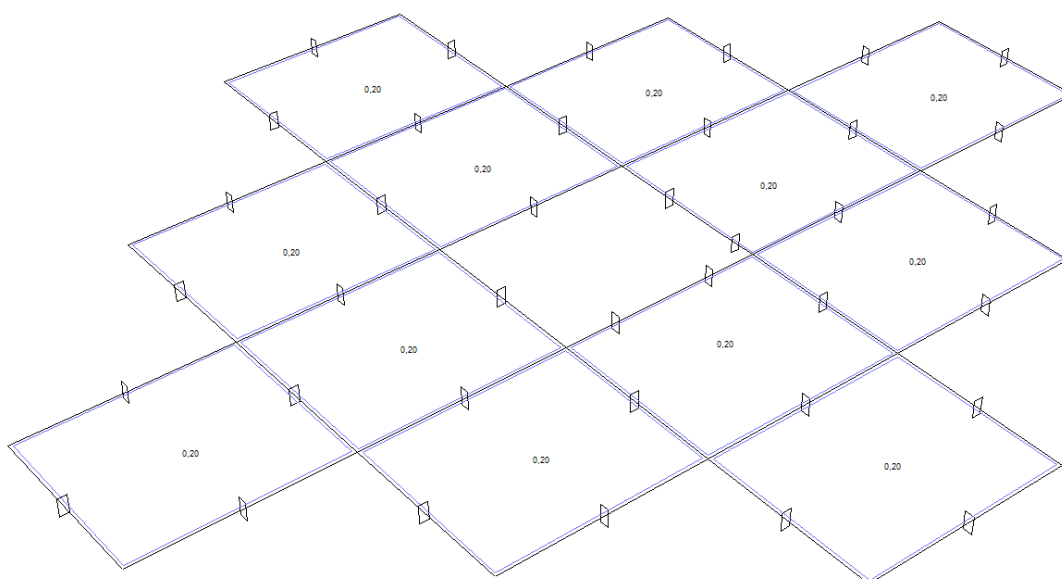
Slika 2.1. Poprečni presjek grede

- Za sve nosive elemente u x i y smjeru na pozicijama 100 i 200 odabran je isti presjek grede, dimenzija 30x60 cm.



GREDA 30/60

Slika 2.2. Prikaz dimenzija greda i ploča poz. 200 (Krov)



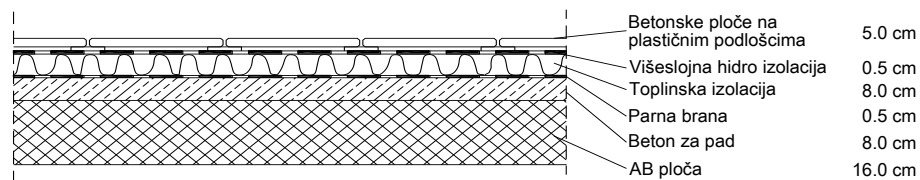
GREDA 30/60

Slika 2.3. Prikaz dimenzija greda i ploča poz. 100 (Međukatna)

### 3. ANALIZA OPTEREĆENJA

#### 3.1 POZICIJA 200 – KROV

##### 3.1.1. Stalno opterećenje



Slika 3.1. Presjek ploče poz. 200

Tablica 3.1. Stanlno opterećenje poz.200

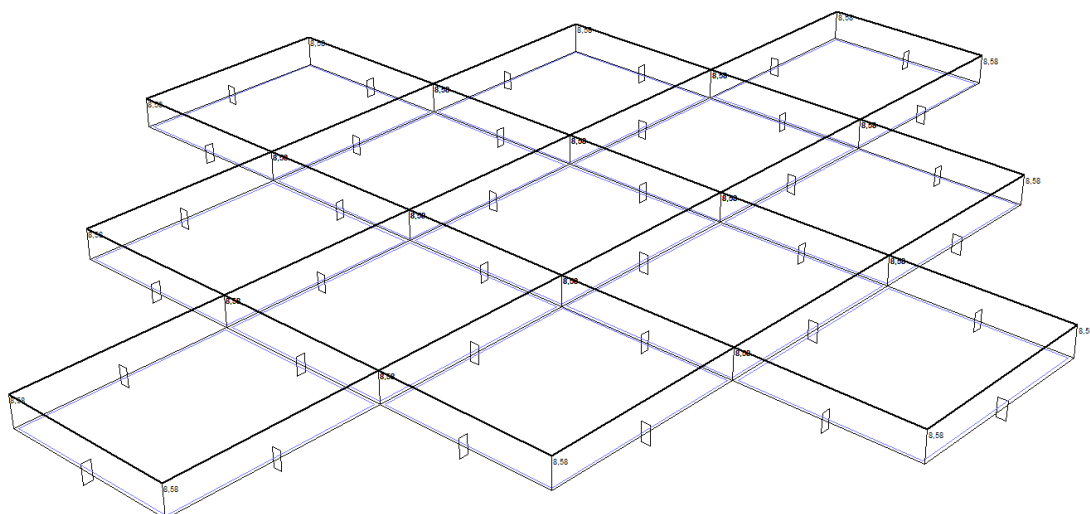
	d (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	d · $\gamma$ (kN/m <sup>2</sup> )
Betonske ploče na plastičnim podlošcima	0.05	25.0	1.25
Hidroizolacija + parna brana	0.01	20.0	0.20
Toplinska izolacija	0.10	5.0	0.50
Beton za pad	0.05	24.0	1.20
AB ploča	0.20	25.0	5.00
Cementna žbuka	0.02	19.0	0.38

Ukupno stalno opterećenje:  $g_{200} = 8.58$  (kN/m<sup>2</sup>)

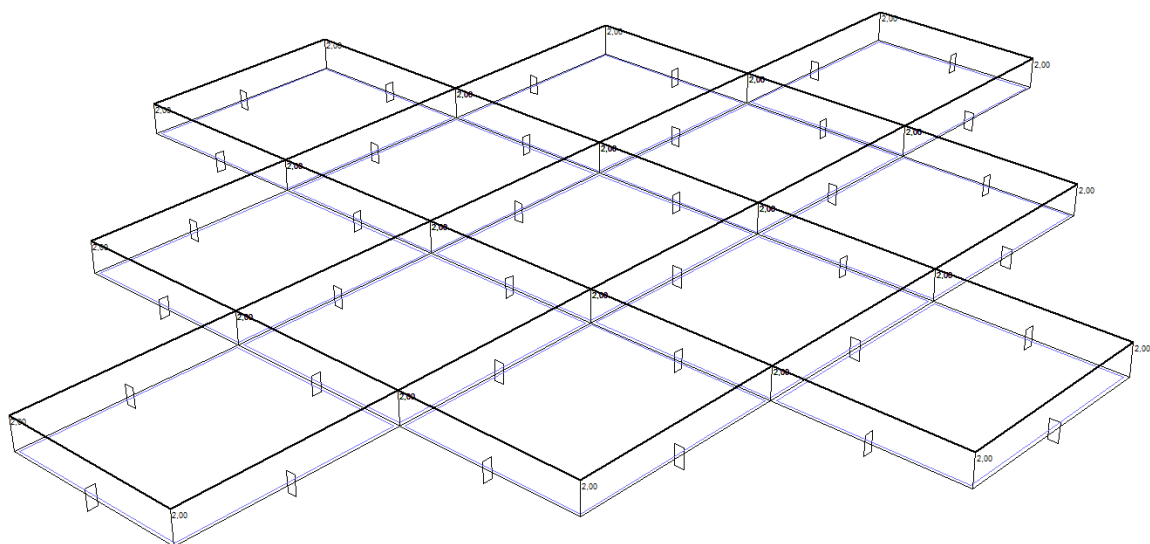
##### 3.1.2. Uporabno opterećenje

Za uporabno opterećenje uzima se opterećenje snijegom i vjetrom. Opterećenje snijegom za ravnokrovove, u područjima gdje je snijeg rijedak (prema pravilniku) iznosi 0.50 kN/m<sup>2</sup>, pa se za uporabno opterećenje neprohodnih ravnih krovova može uzeti zamjenjujuća vrijednost:

$$q_{200} = s + w \approx 1.0 \text{ kN/m}^2$$



GREDA 30/60

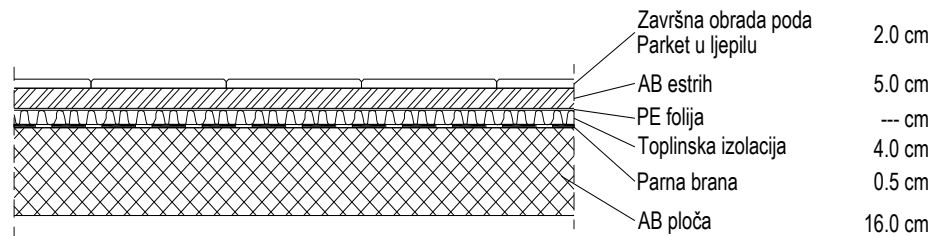


GREDA 30/60

Slika 3.2. Prikaz dodatnog stalnog opterećenja  $G_0$  i uporabnog opterećenja  $Q$

### 3.2. POZICIJA 100 – ETAŽA

#### 3.2.1. Stalno opterećenje



Slika 3.3. Presjek ploče poz. 100

#### 1. Tablica 3.2. Stalno opterećenje poz. 100

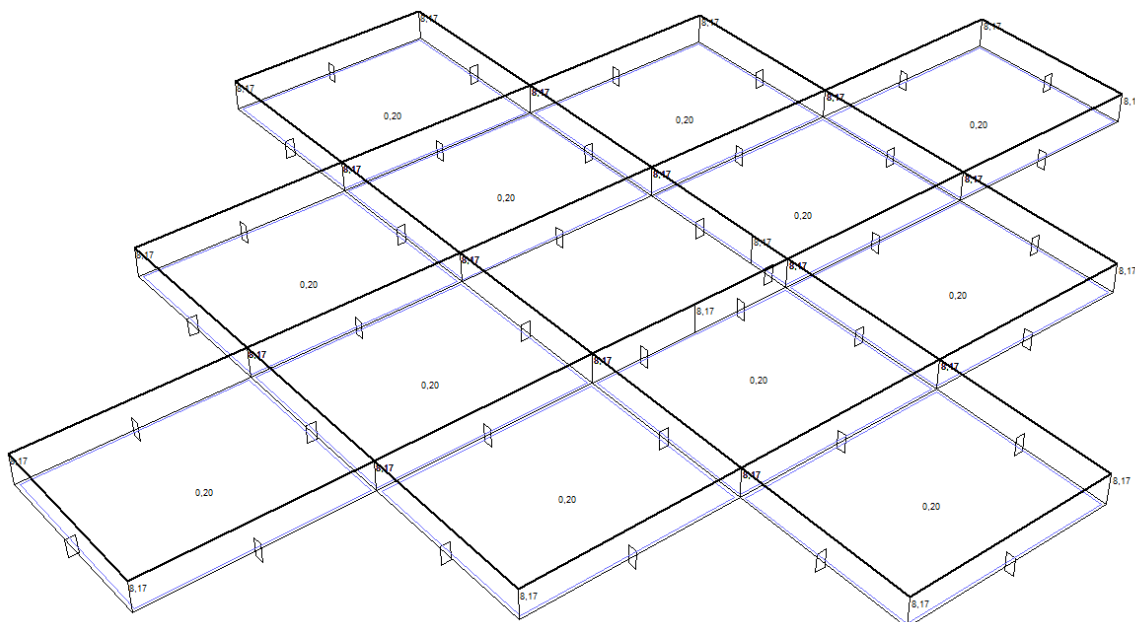
	d (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$d \cdot \gamma$ (kN/m <sup>2</sup> )
Pregrade			1.00
Završna obrada poda-parket	0.02	12.0	0.24
AB estrih	0.05	25.0	1.25
Toplinska izolacija	0.04	5.0	0.20
Hidroizolacija	0.005	20.0	0.10
AB. Ploča	0.20	25.0	5.00
Pogled (vapnena žbuka)	0,02	19,00	0,38

Ukupno stalno opterećenje  $g_{100} = 8.17$  (kN/m<sup>2</sup>)

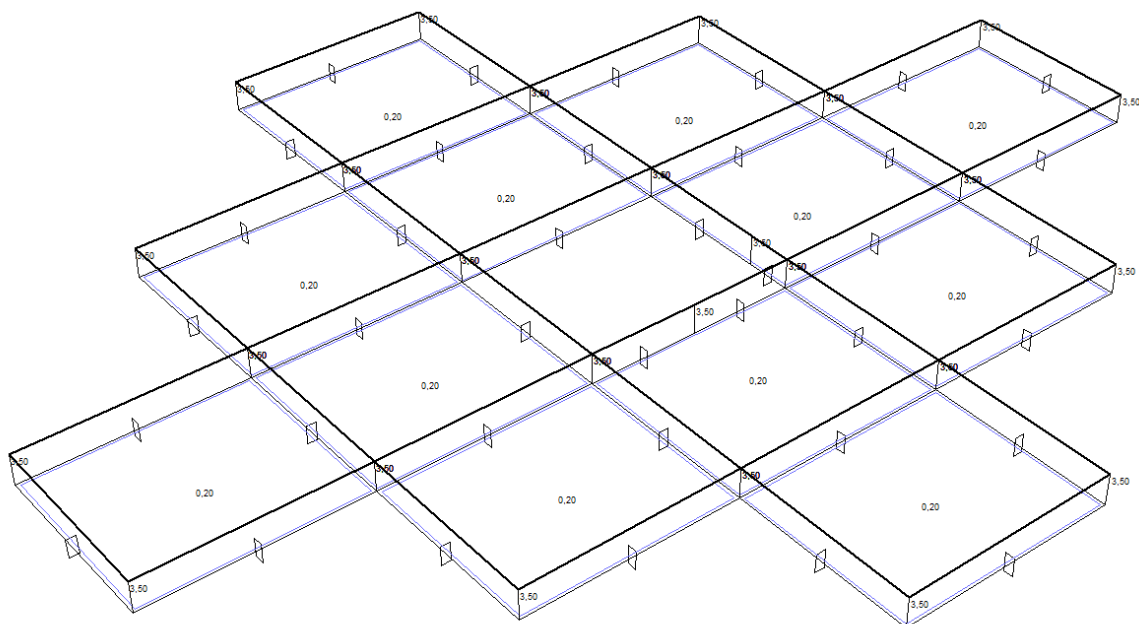
#### 3.2.2. Uporabno opterećenje

Uporabno opterećenje se uzima prema pravilniku: HRN EN 1991-2-1.

U našem slučaju, zadano je  $q_{100} = 3.5$  kN/m<sup>2</sup>



GREDA 30/60

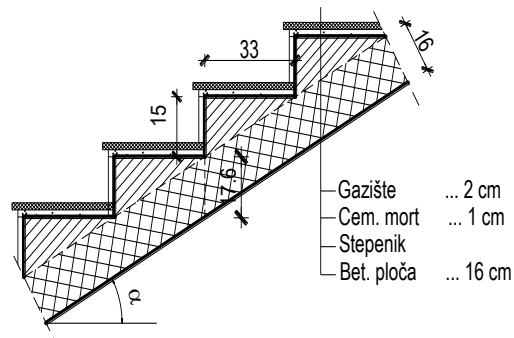
Slika 3.5 Prikaz dodatnog stalnog opterećenja  $G_0$ 

GREDA 30/60

Slika 3.6 Prikaz uporabnog opterećenja  $Q$

### 3.3. STUBIŠTE

#### 3.3.1. Stalno opterećenje



Slika 3.7. Presjek stubišta

- Broj stuba :

$$n/s = H/v = 3,30/0,15 = 22 \text{ stube}$$

- Širina stuba:

$$2 \cdot v_s + \text{šs} = 63 \Rightarrow \text{šs} = 63 - 2 \cdot 0,15 = 33 \text{ cm}$$

- Duljina kraka:

$$L_k = n_s \cdot \text{šs} = 11 \cdot 33 = 363 \text{ cm}$$

$$\tan \alpha = \frac{v_{st}}{\text{š}_{st}} = \frac{15}{33} = 0.455 \quad ; \quad \alpha = 24.4^\circ$$

$$h' = \frac{h}{\cos \alpha} = \frac{16}{\cos 24.4} = 17,57 \text{ cm}$$

- Odabrana duljina podesta:

$$L_p \geq 1,20 \text{ m} \quad L_p = (L - L_k)/2 = (6,0 - 3,63)/2 = 1,20 \text{ m}$$



Tablica 3.3. Stalno opterećenje stubišta

	d (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$d \cdot \gamma$ (kN/m <sup>2</sup> )
Završna obrada gazišta – kamena ploča	0.02	28.0	0.56
Cementni namaz (max. 1,0 cm)	0.01	20.0	0.20
Stuba	0.075	24.0	1.80
AB ploča (h'= cm)	0.176	25.0	4,40

Ukupno stalno opterećenje :  $g_{st} = 6,96$  (kN/m<sup>2</sup>)

### 3.3.2. Uporabno opterećenje

Uporabno opterećenje se uzima prema pravilniku: HRN EN 1991-2-1.

U našem slučaju, uzet ćemo ga jednako kao na pločama:

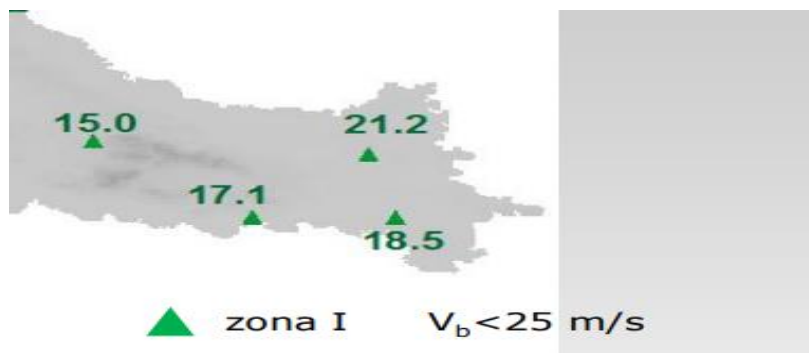
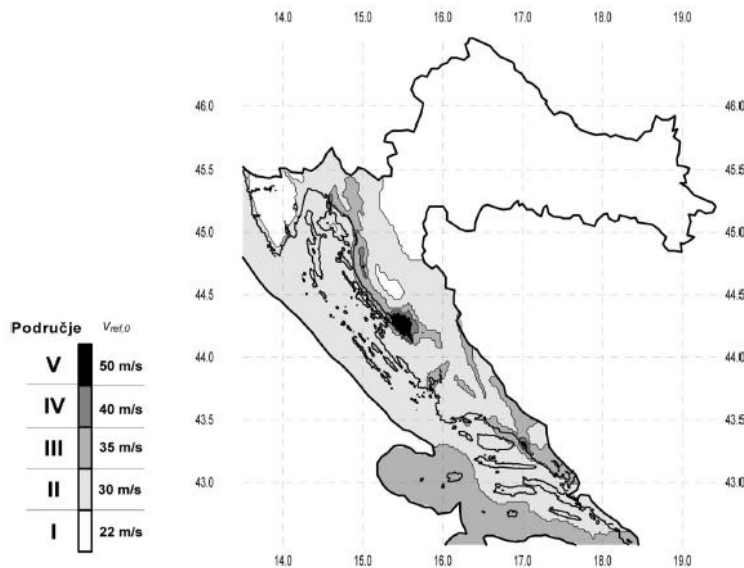
$q_{st} = 3,50$  (kN/m<sup>2</sup>)

### 3.4. OPTEREĆENJE VJETROM

Dimenzije zgrade su:  $D=35,00\text{m}$ ,  $\check{S}=30,00\text{m}$ ,  $H=6,60\text{m}$ .

Objekt se nalazi u I. vjetrovnoj zoni, na visini od 90 m.n.m (područje grada Osijeka)

Osnovna brzina vjetra:  $v_{b,0} = 21,2 \text{ m/s}$  (za I. Zonu)



Slika 3.8. Zemljovid područja opterećenja vjetrom

Referentna brzina vjetra:  $v_b = c_{DIR} \cdot c_{TEM} \cdot c_{ALT} \cdot v_{b,0}$

$c_{DIR}$  - koeficijent smjera vjetra  $\rightarrow c_{DIR} = 1.0$

$c_{TEM}$  - koeficijent ovisan o godišnjem dobu  $\rightarrow c_{TEM} = 1.0$

$c_{ALT}$  - koeficijent nadmorske visine  $\rightarrow c_{ALT} = 1 + 0,0001 \cdot a_s$

$$c_{ALT} = 1 + 0,0001 \cdot 90 = 1,009$$

$$v_b = 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,015 \cdot 21,2 = 21,4 \text{ m/s}$$

Zgrada ima veću širinu od visine, a za mjerodavnu visinu uzimamo ukupnu visinu. Mjerodavna visina iznosi: 6,60 m

Mjerodavna visina je veća od minimalne (2,00 m), pa je koeficijent hrapavosti:

$$c_{r(z)} = k_r \cdot \ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right)$$

Koeficijent terena  $k_r$  određuje se iz odgovarajuće tablice ovisno o kategoriji zemljišta. Odabiremo I. kategoriju zemljišta.

Tablica 3.4. Kategorije terena i pripadni parametri

Kategorija terena	Opis	$K_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
0	More ili područje uz more otvoreno prema moru	0.156	0.003	1
I	Uzburkano otvoreno more ili jezero, s najmanje 5 km dužine navjetrine i gladak ravan teren bez prepreka	0.170	0.01	1
II	Poljoprivredno zemljište s ogradama, povremenim malim poljoprivrednim objektima, kućama ili drvećem	0.190	0.05	2
III	Predgrađa ili industrijske zone i stalne šume	0.215	0.30	5
IV	Urbane zone u kojima je najmanje 15% površine pokriveno zgradama čija je srednja visina veća od 15 m	0.234	1.00	10

$$k_r=0,215 \rightarrow c_{r(z)}=0,215 \cdot \ln(6,60/0,003)=1,2$$

$$\text{Srednja brzina vjetra tako iznosi: } V_m(z)=C_r(z) \cdot C_0(z) \cdot V_b$$

$C_0$  - koeficijent topografije (uglavnom se uzima 1.0)

$$v_m=1,2 \cdot 1,0 \cdot 21,4=25,68 \text{ m/s}$$

Turbulencija:

$$I_v(z)=1/c_0(z) \cdot \ln(z_e/z_0)=1/1,0 \cdot \ln(6,60/0,003)=0,13$$

Maksimalni tlak brzine vjetra  $q_p(z_e)$ :

$$\rho_{zr} = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{\rho_{zr}}{2} \cdot v_m^2(z) = c_e(z) \cdot v_b(z)$$

$$q_p(z)=(1+7 \cdot 0,13) \cdot 1,25/2 \cdot 25,68^2=787,23 \text{ N/m}^2=0,787 \text{ kN/m}^2$$



Djelovanje na zgradu:

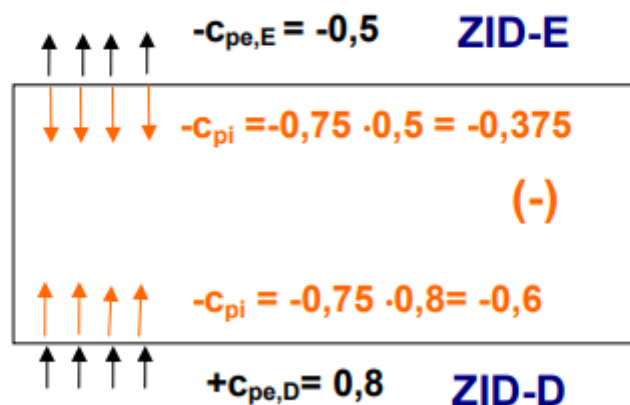
$$W_{e,D}=0,8*q_p(z)=0,8*0,787=0,630 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{e,E}=0,5*q_p(z)=0,5*0,787=0,394 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{i,D}=0,787*0,6=0,472 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{i,E}=0,787*0,375=0,295 \text{ kN/m}^2$$

### - Ukupni tlak vjetra ( $w_{uk}$ ) u $[\text{kN/m}^2]$



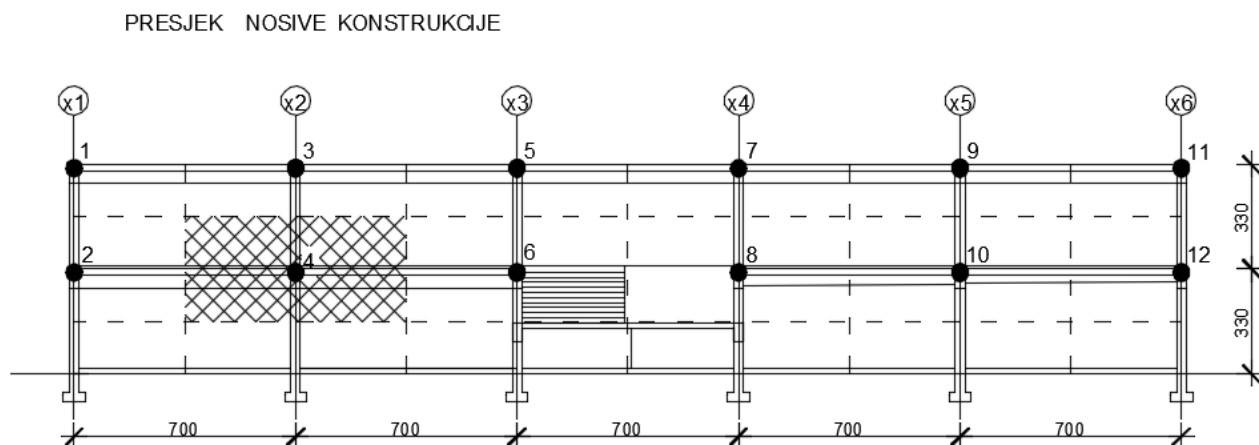
- Koeficijenti tlakova se zbrajaju vektorski

$$W_{uk}=q_p(z_i)*c_{p(e+i)}$$

$$c_{p(e+i)}=(0,8+0,5)+(0,6-0,375)=1,3+0,225=1,525$$

$$W_{uk}=0,787*1,525 = 1,2 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Silu vjetra zadajemo u čvorovima modela. Određivanje sila u čvorovima modela vršimo prema utjecajnim površinama djelovanja vjetra.



Slika 3.10. Utjecajne površine djelovanja vjetra

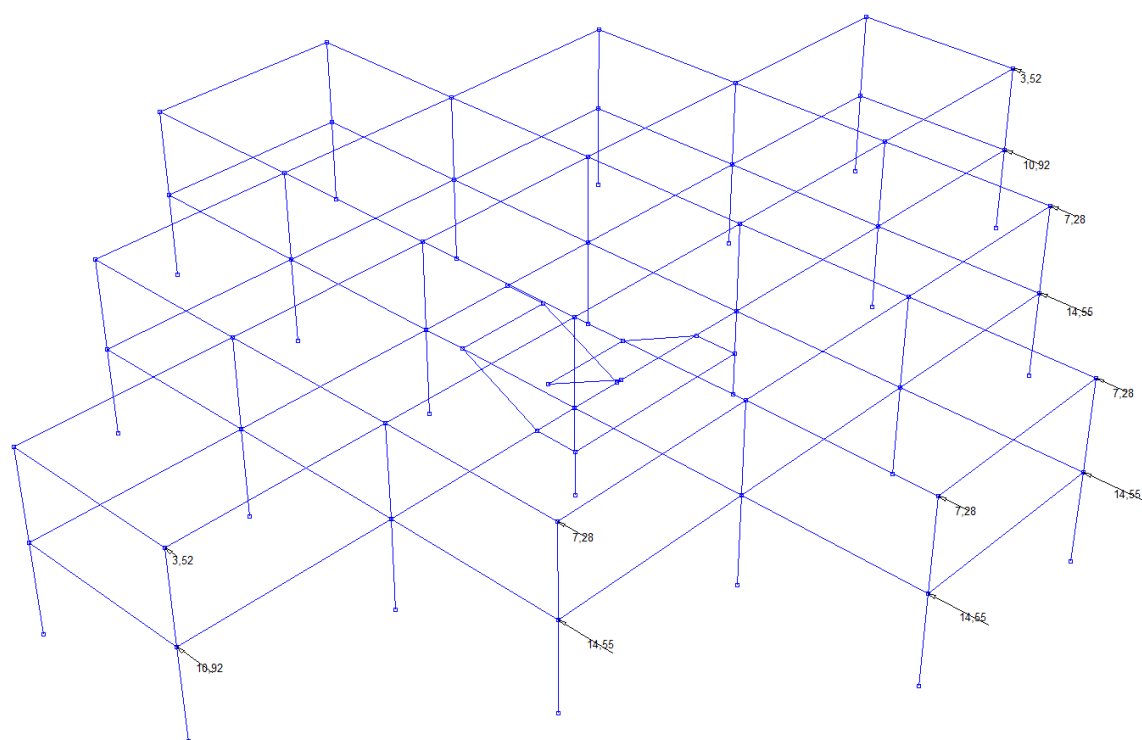
➤ **X smjer**

Tablica 3.5. Prednja strana

Čvor	Utjecajna površina			Tlak vjetra(kN/m <sup>2</sup> )	Sila u čvoru(kN)
	Širina(m)	Visina(m)	Površina(m <sup>2</sup> )		
1	3,50	1,65	5,58	0.630	3,52
2	3,50	4,95	17,33	0.630	10,92
3	7,00	1,65	11,55	0.630	7,28
4	7,00	3,30	23,1	0.630	14,55
5	7,00	1,65	11,55	0.630	7,28
6	7,00	3,30	23,1	0.630	14,55
7	7,00	1,65	11,55	0.630	7,28
8	7,00	3,30	23,1	0.630	14,55
9	7,00	1,65	11,55	0.630	7,28
10	7,00	3,30	23,1	0.630	14,55
11	3,50	1,65	5,58	0.630	3,52
12	3,50	4,95	17,33	0.630	10,92

Tablica 3.6. Stražnja strana

Čvor	Utjecajna površina			Tlak vjetra(kN/m <sup>2</sup> )	Sila u čvoru(kN)
	Širina(m)	Visina(m)	Površina(m <sup>2</sup> )		
1	3,50	1,65	5,58	0.58	3,24
2	3,50	4,95	17,33	0.58	10,05
3	7,00	1,65	11,55	0.58	6,70
4	7,00	3,30	23,1	0.58	13,40
5	7,00	1,65	11,55	0.58	6,70
6	7,00	3,30	23,1	0.58	13,40
7	7,00	1,65	11,55	0.58	6,70
8	7,00	3,30	23,1	0.58	13,40
9	7,00	1,65	11,55	0.58	6,70
10	7,00	3,30	23,1	0.58	13,40
11	3,50	1,65	5,58	0.58	3,24
12	3,50	4,95	17,33	0.58	10,05



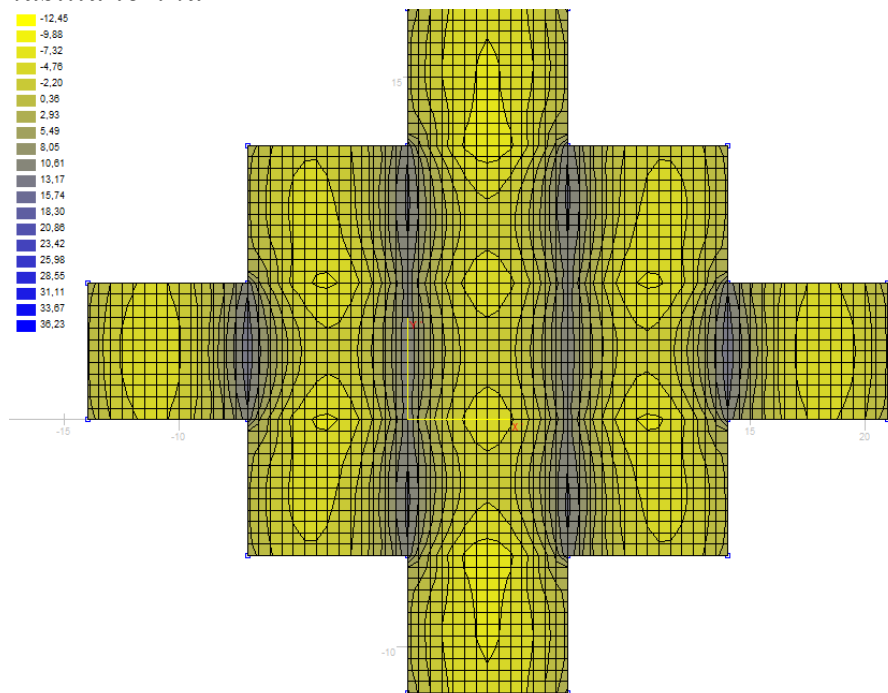
Slika 3.11. Djelovanje vjetra u X smjeru (sile u kN)

#### 4. PRORAČUN PLOČE POZICIJE 200

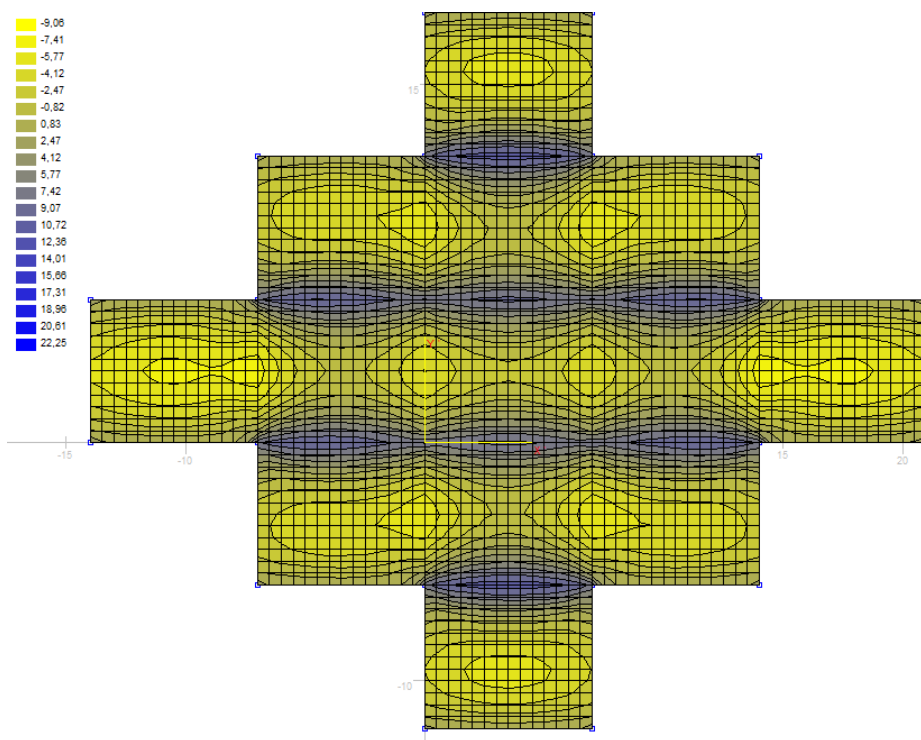
- Proračun reznih sila vršio se kompjuterskim programom *AspalathosLinear*. Prikaz rezultata dan je odvojeno za ploče i grede.

##### 4.1. MOMENTI SAVIJANJA U PLOČI POZICIJE 200

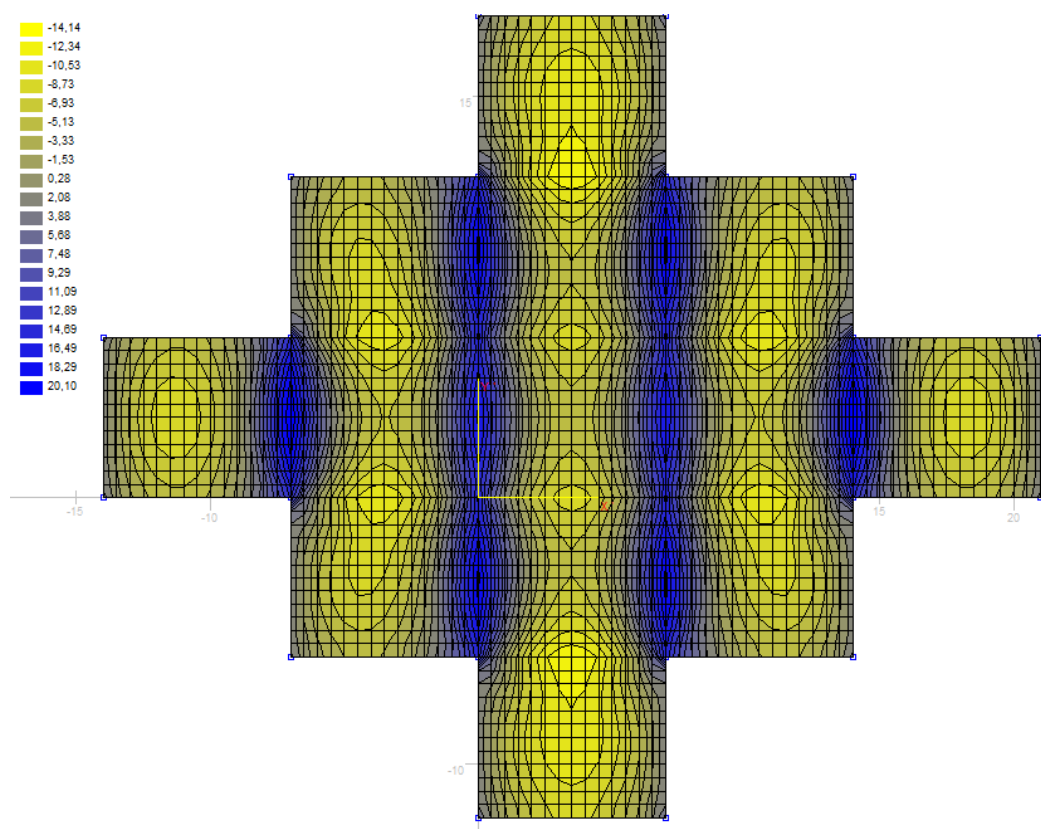
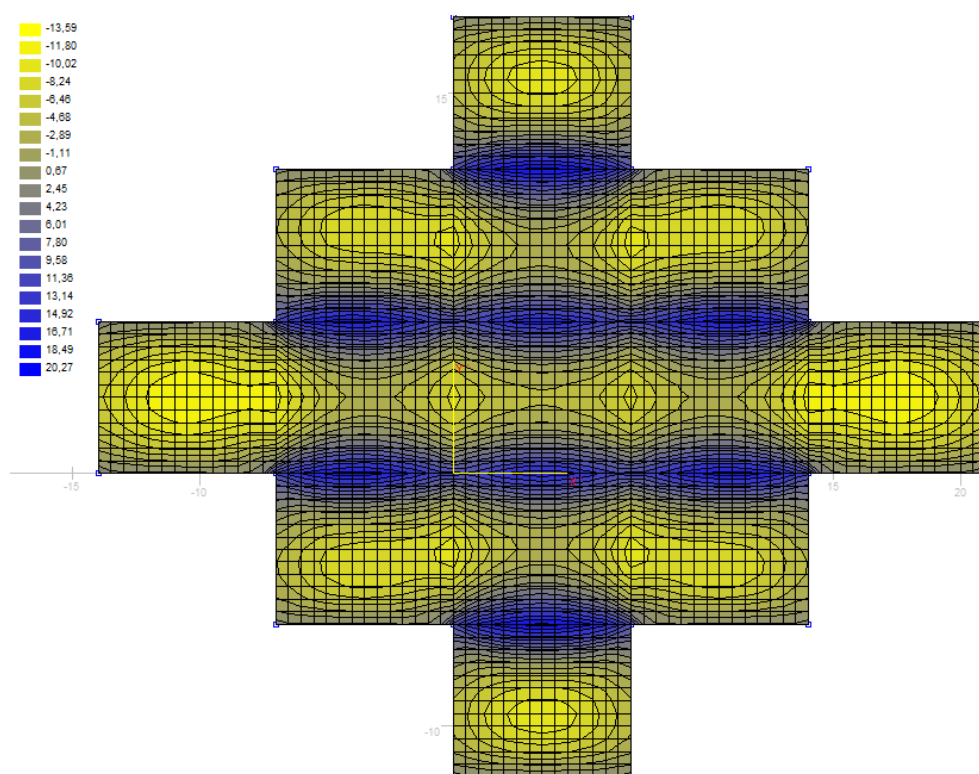
###### 4.1.1 Vlastita težina



Slika 4.1. Momenti  $M_x$  (kNm)

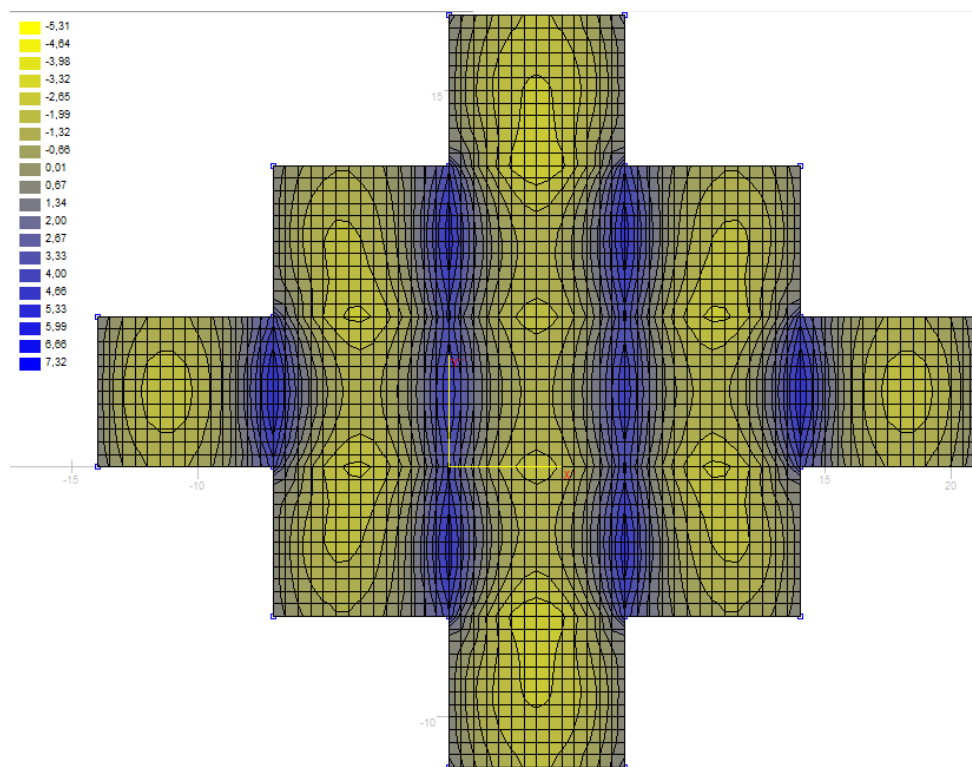
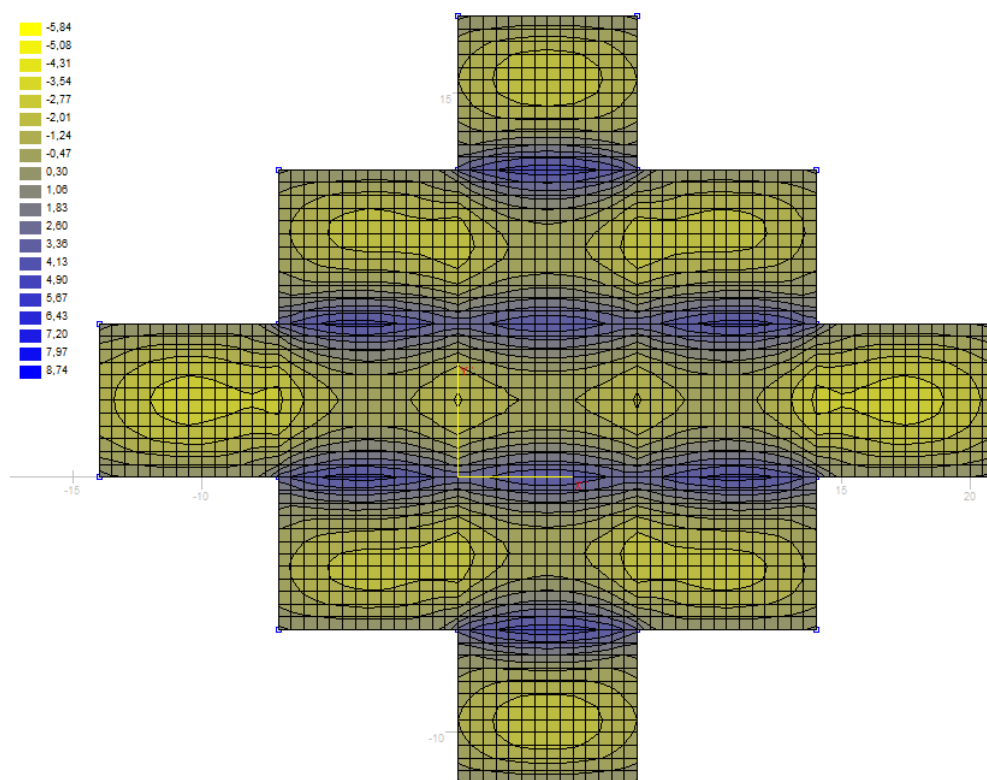




Slika 4.2. Momenti  $M_y$  (kNm)4.1.2. *Dodatno stalno opterećenje*Slika 4.3. Momenti  $M_x$  (kNm)

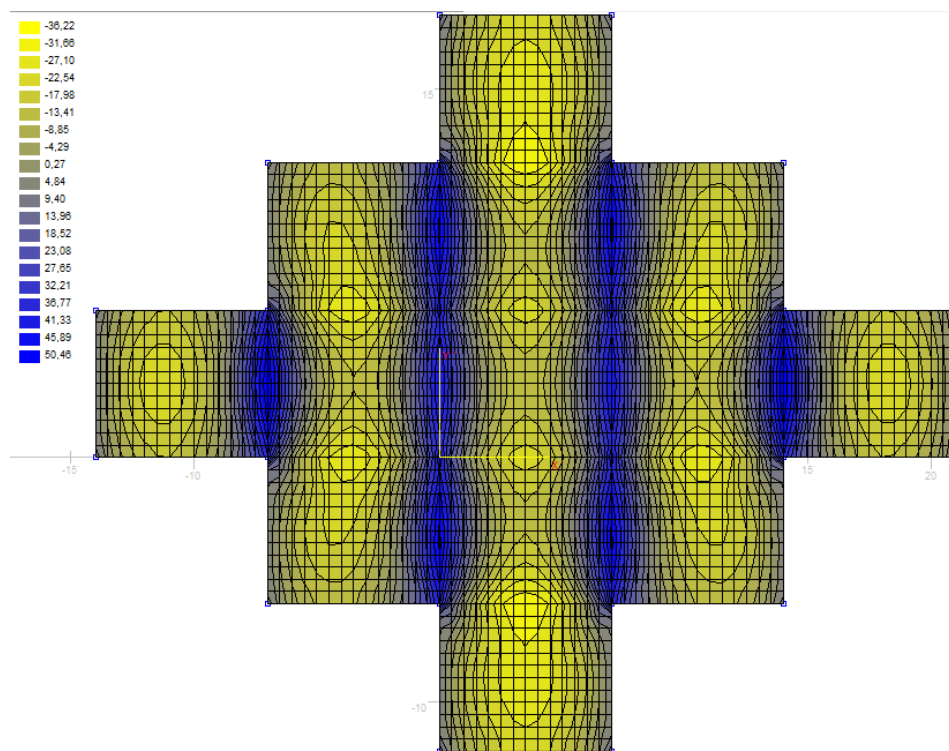
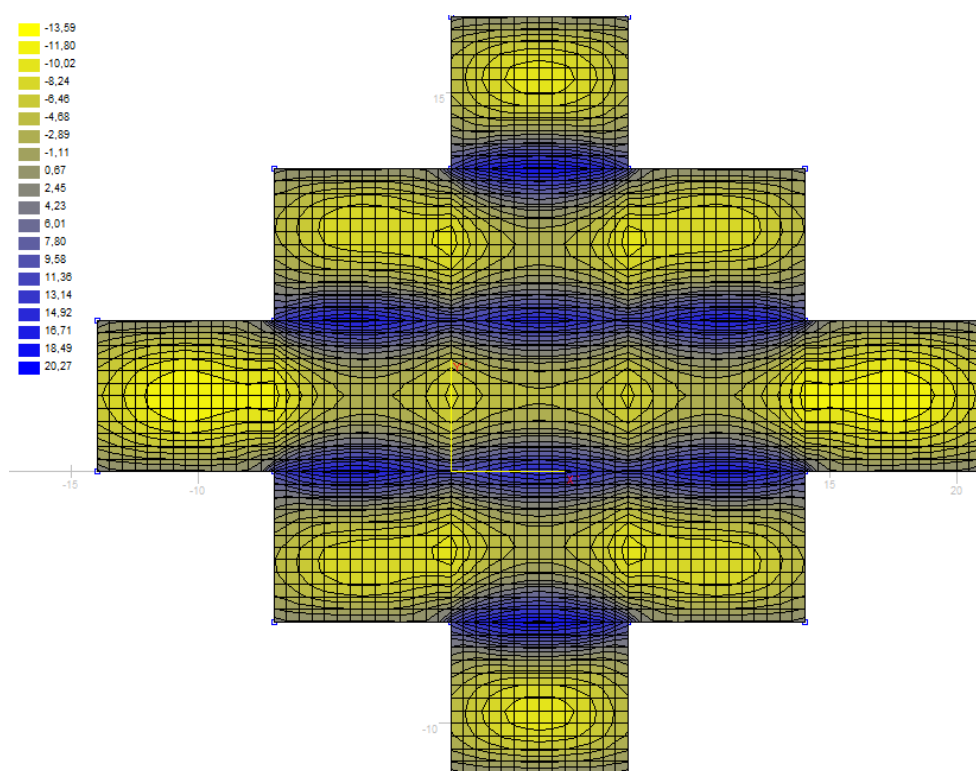
Slika 4.4. Momenti  $M_y$  (kNm)

## 4.1.3 Uporabno opterećenje

Slika 4.5. Momenti  $M_x$  (kNm)

Slika 4.6. Momenti  $M_y$  (kNm)4.1.4. *Granično stanje nosivosti*

Mjerodavna kombinacija:  $M_{sd}=1,35*(M_g+M_{\Delta g})+1,5*M_q$

Slika 4.7. Momenti  $M_x$  (kNm)

Slika 4.8. Momenti  $M_y$  (kNm)**4.2. DIMENZIONIRANJE PLOČE POZICIJE 200 (krov)**

BETON: C 45/50;

$$f_{ck} = 45,0 \text{ MPa} = 45,0 \text{ N/mm}^2; \gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c = 30 \text{ N/mm}^2 = 3,00 \text{ kN/cm}^2$$

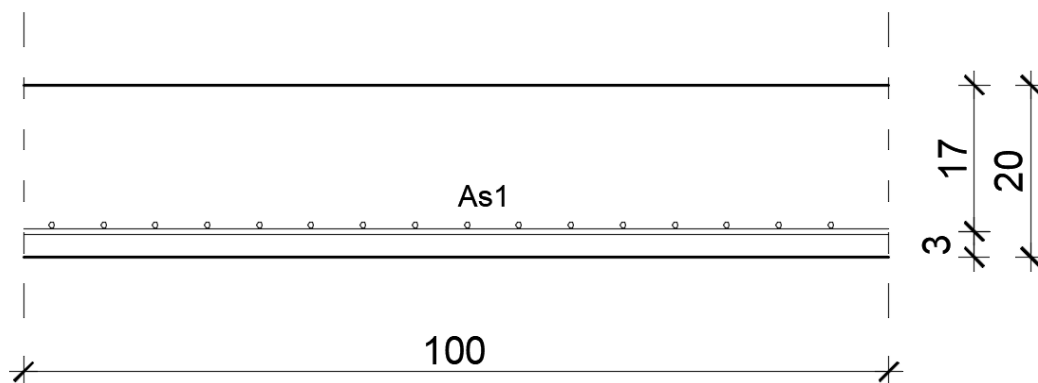
ARMATURA: B 500 B;

$$f_{yk} = 500,0 \text{ MPa} = 500 \text{ N/mm}^2; \gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500,0 / 1,15 = 434,78 \text{ MPa} = 434,78 \text{ N/mm}^2 = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

DEBLJINA PLOČE:  $h = 20 \text{ cm}$ ZAŠTITNI SLOJ:  $c = 3 \text{ cm}$ 

STATIČKA VISINA PLOČE:



Slika 4.9. Poprečni presjek ploče

$$d = h - d_1$$

$$d_1 = c + \phi/2 = 3,0 + 0,5 = 3,5 \text{ cm}$$

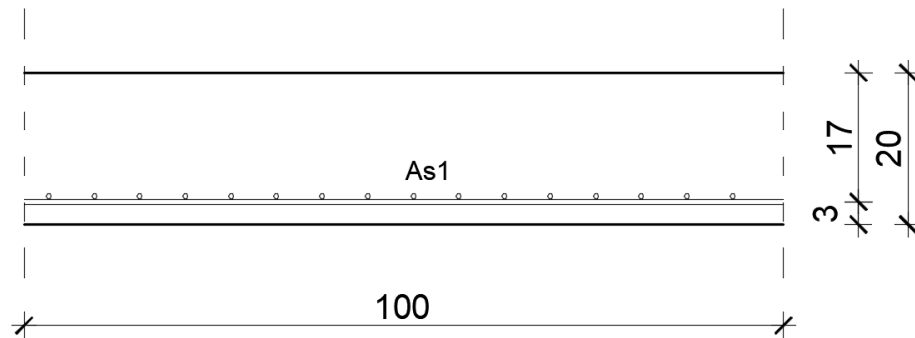
 $c \rightarrow$  zaštitni sloj

STATIČKA VISINA PLOČE:

$$d = 20 - 3,5 = 16,5 \text{ cm}$$

Za sve presjeke odabrana je statička visina ploče  $d = 20 \text{ cm}$ . Izvršen je proračun armature za kombinaciju :

$$1,35 \times \text{vl.težina} + 1,35 \times \text{dodatno stalno} + 1,5 \times \text{uporabno}$$

**Ploča - Polje**

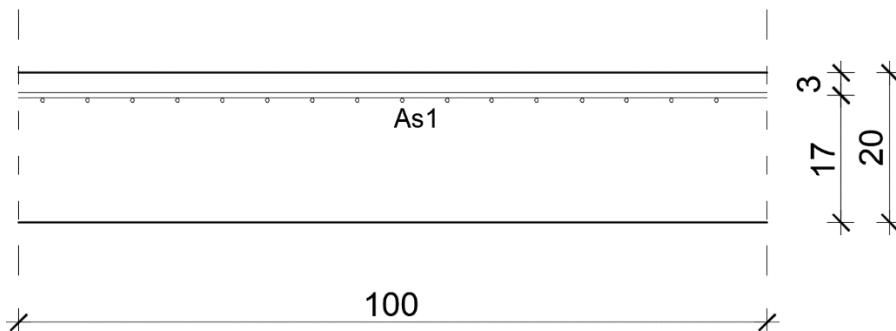
$$M_{Ed} = 29,14 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = M_{Ed} / b_{eff} * d^2 * f_{cd} = 2914 / 100 * 16,5^2 * 3 = 0,03$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1,4 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,956 \quad \xi = 0,123$$

$$A_{s1} = M_{Ed} / \zeta * d * f_{yd} = 2914 / 0,956 * 16,5 * 43,48 = 4,22 \text{ cm}^2/\text{m}$$

ODABRANO: **Q-424** ( $A_s = 4,24 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

**Ploča - Ležaj**

$$M_{Ed} = 47,34 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = M_{Ed} / b_{eff} * d^2 * f_{cd} = 4734 / 100 * 16,5^2 * 2,67 = 0,065$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1,7 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,947 \quad \xi = 0,145$$

$$A_{s1} = M_{Ed} / \zeta * d * f_{yd} = 4734 / 0,947 * 16,5 * 43,48 = 6,96 \text{ cm}^2/\text{m}$$

ODABRANO: **R- 785** ( $A_s = 7,85 \text{ cm}^2$ ) + preklop povećan na 40 cm

$$A_{s1} = A_{s1} * \check{s}_m + p_m / \check{s}_m = 7,85 * 215 + 40 / 215 = 8,036 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Minimalna armatura:

$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot [f_{ct,m} / f_{yk}] \cdot b_t \cdot d \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d$$

$b_t$  – širina vlačne zone

$d$  – statička visina presjeka

$f_{yk}$  – karakt. granica popuštanja čelika u N/mm<sup>2</sup>

[ $f_{yk} = 500$  N/mm<sup>2</sup> za čelik B 500B]

$f_{ct,m}$  - srednja vlačna čvrstoća betona (iz tablice)

[ $f_{ctm} = 3,5$  N/mm<sup>2</sup> za C 40/50]

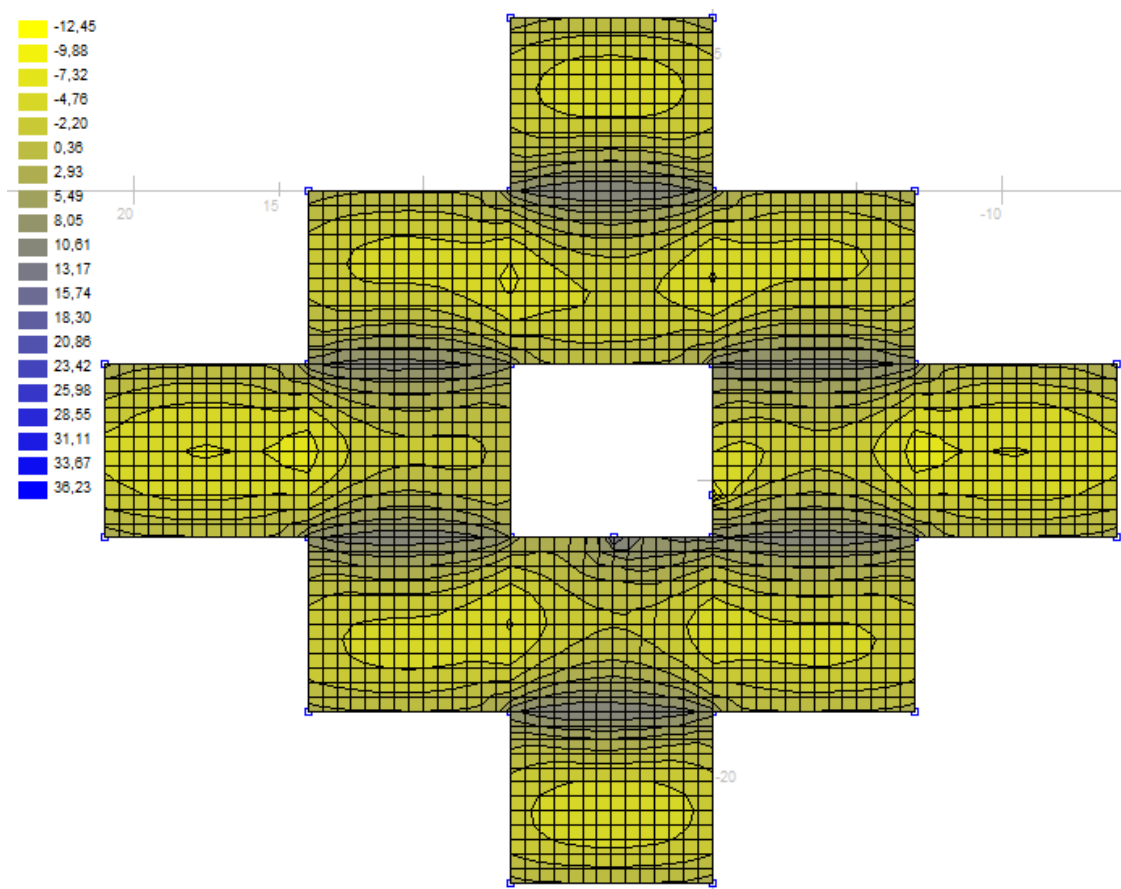
$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot (3,5 / 500) \cdot 100 \cdot 16,5 = 3,35 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$A_{s1,min} \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d = 0,0013 \cdot 100 \cdot 16,5 = 2,145 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

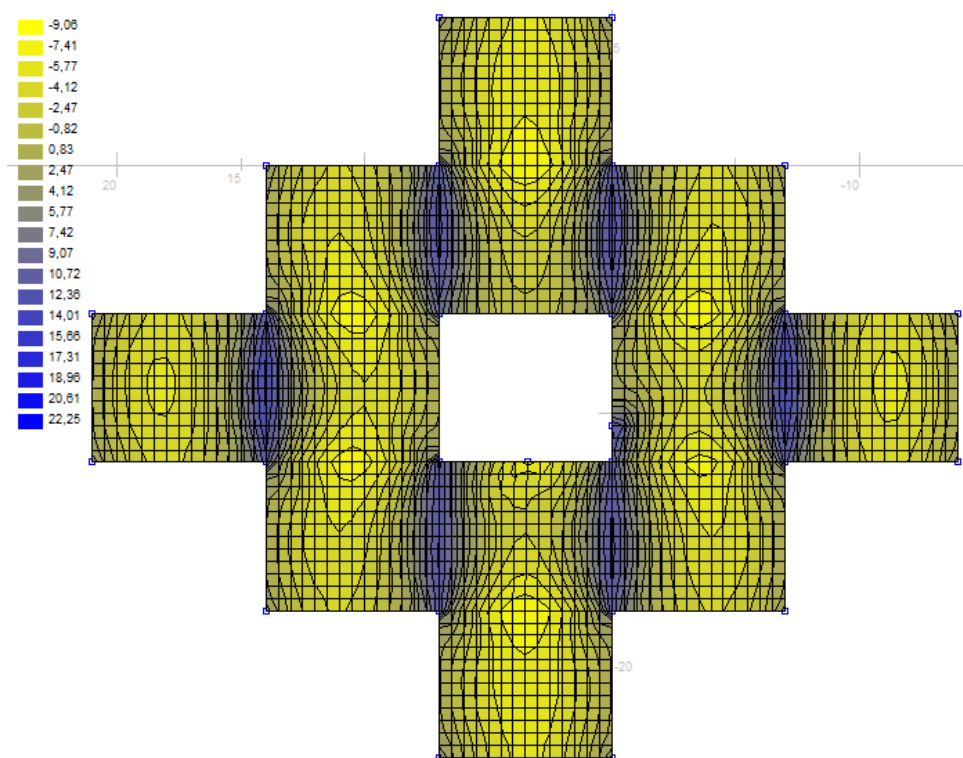
## 5. PRORAČUN PLOČE POZICIJE 100

### 5.1. MOMENTI SAVIJANJA U PLOČI POZICIJE 100

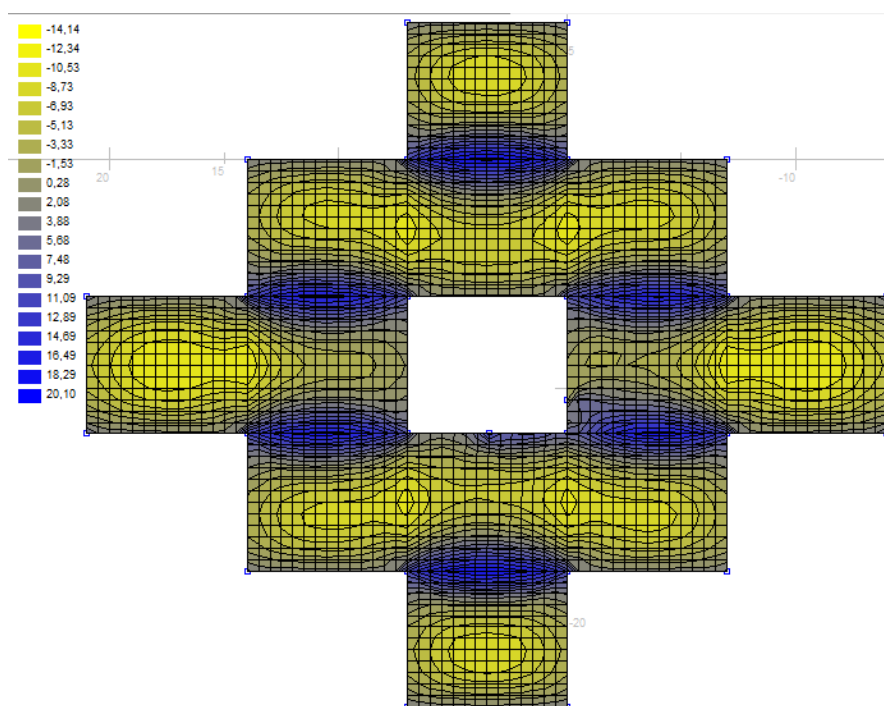
#### 5.1.1 Vlastita težina

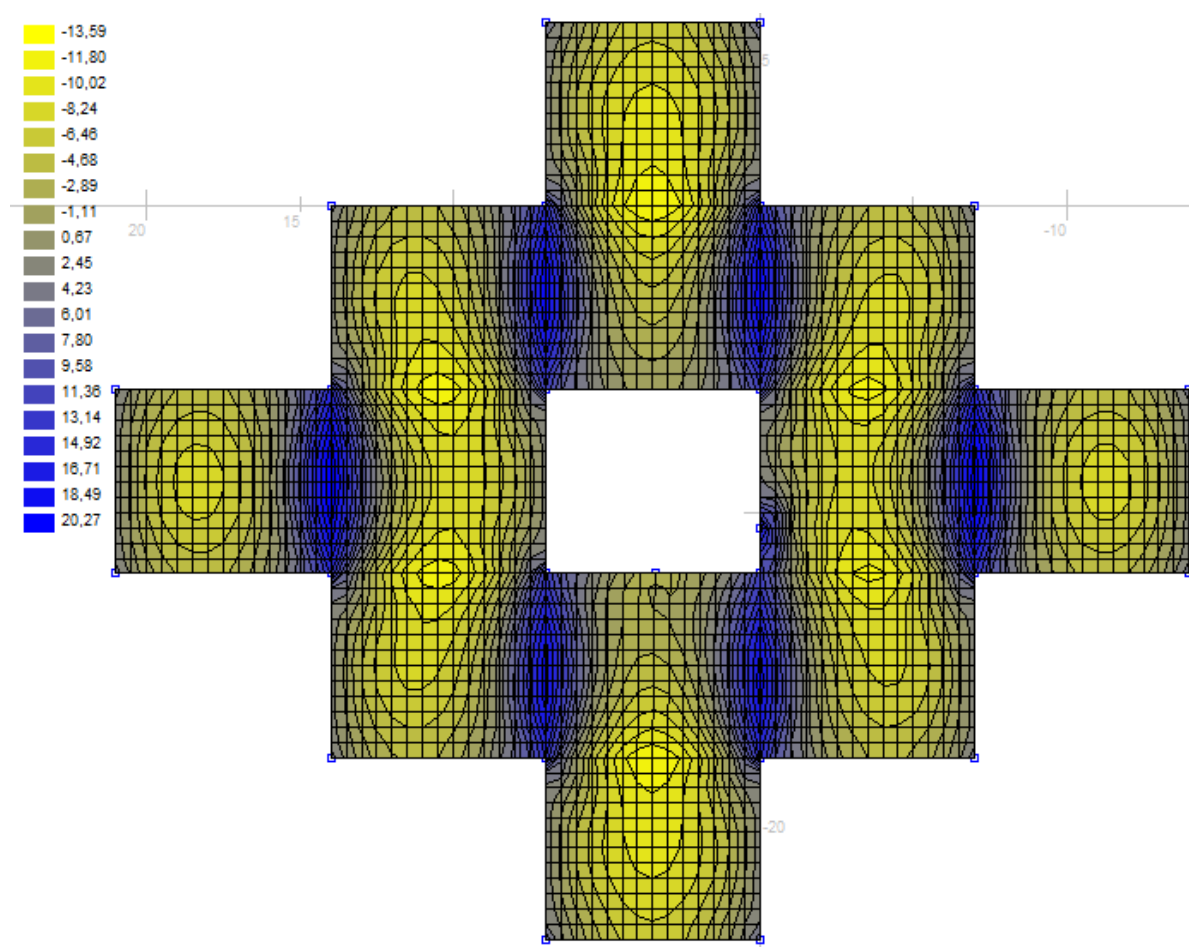


Slika 5.1. Momenti  $M_x$  (kNm)

Slika 5.2. Momenti  $M_y$  (kNm)

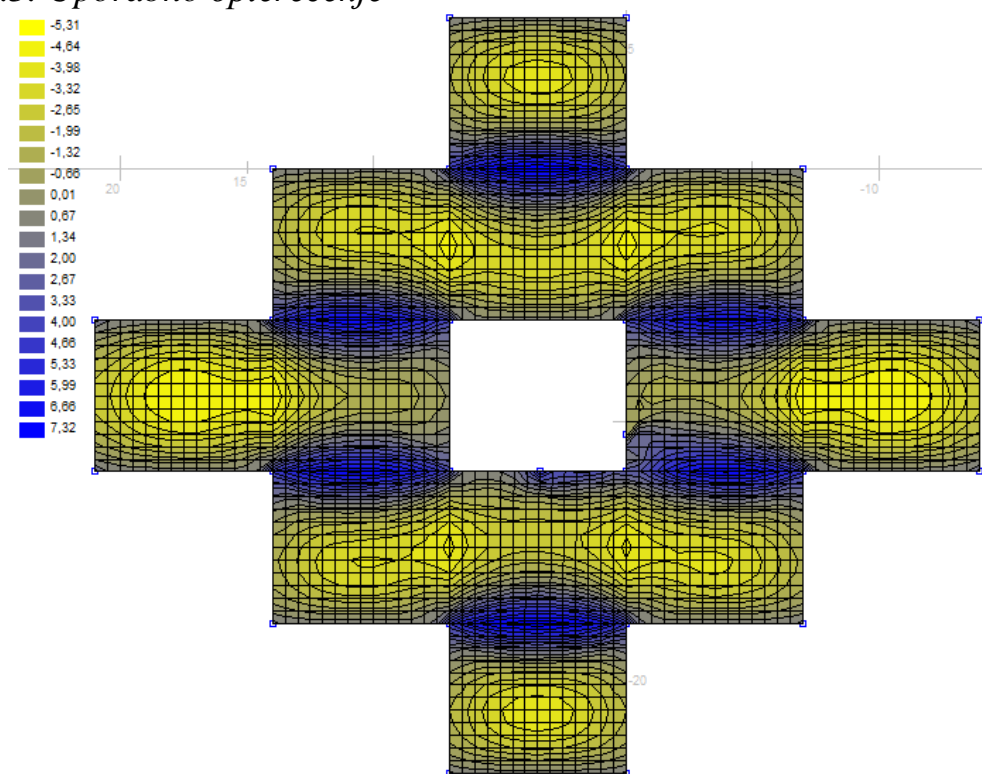
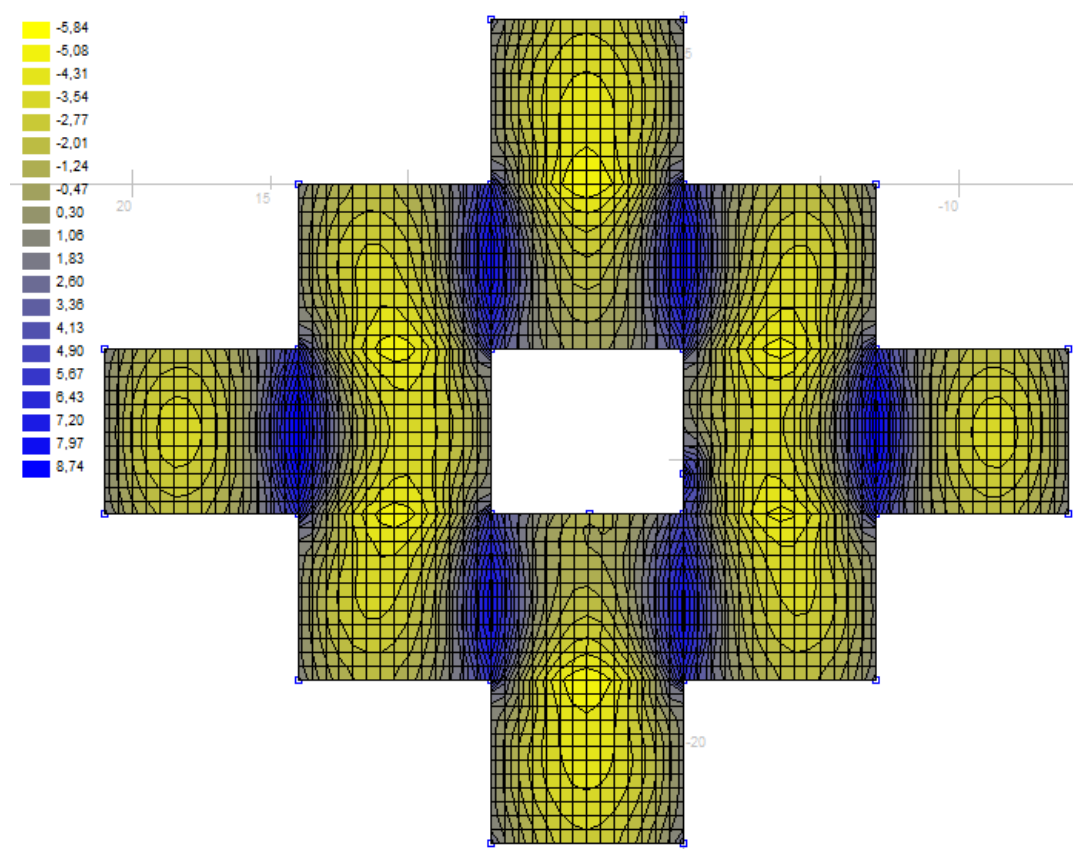
### 5.1.2. Dodatno stalno opterećenje

Slika 5.3. Momenti  $M_x$  (kNm)

Slika 5.4. Momenti  $M_y$  (kNm)

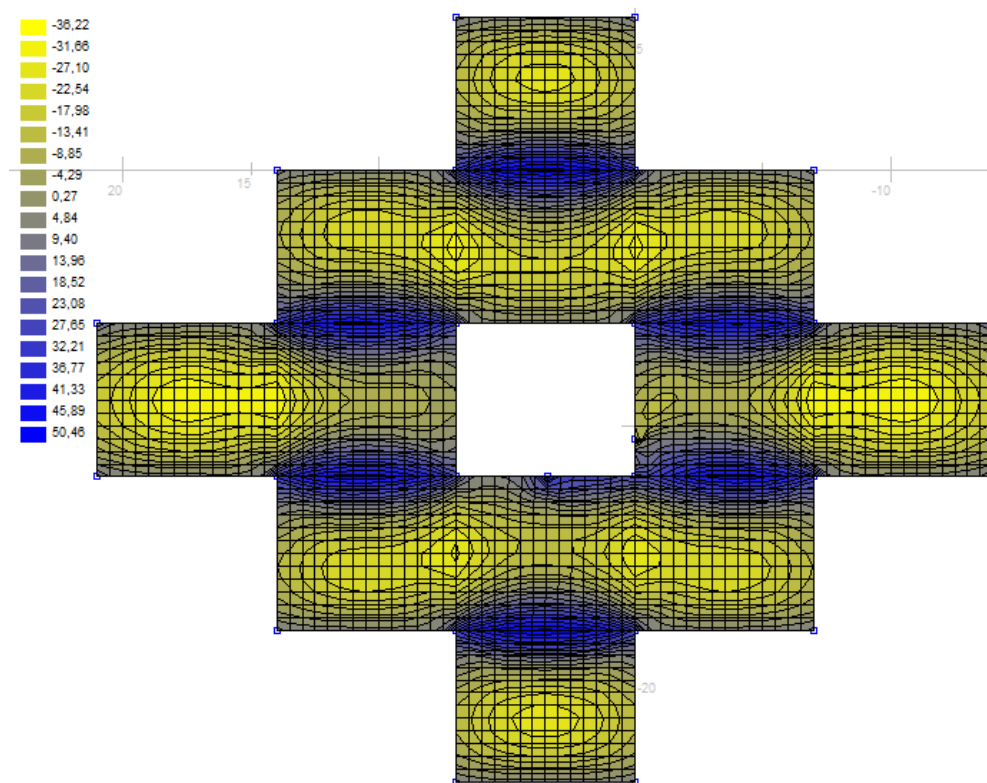


### 5.1.3. Uporabno opterečenje

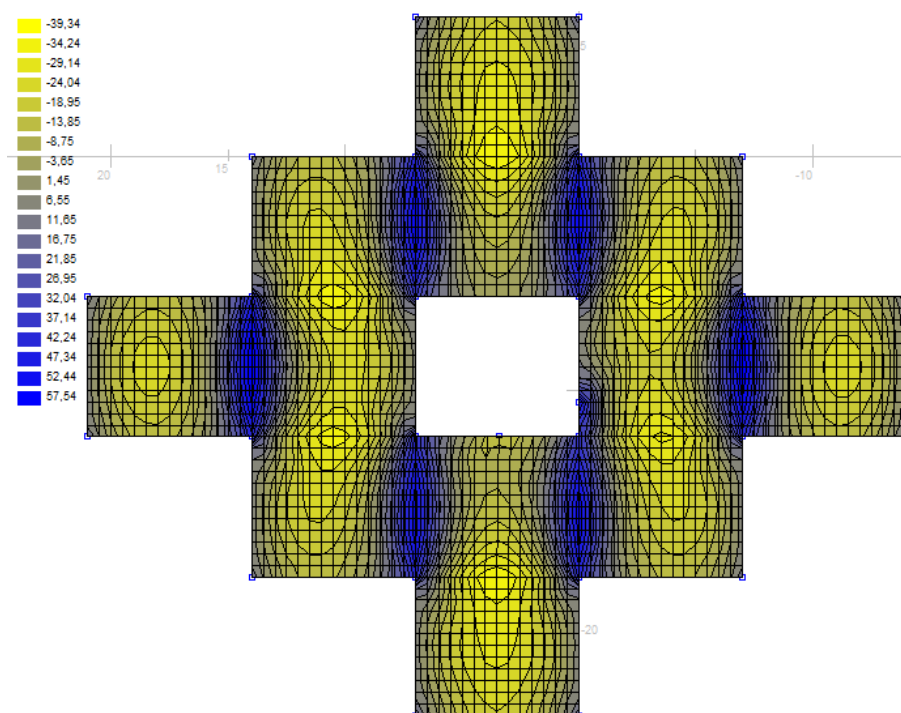
Slika 5.5. Momenti  $M_x$  (kNm)Slika 5.6. Momenti  $M_y$  (kNm)

### 5.1.4. Granično stanje nosivosti

Mjerodavna kombinacija:  $M_{sd}=1,35*(M_g+M_{\Delta g})+1,5*M_q$



Slika 5.7. Momenti  $M_x$  (kNm)



Slika 5.8. Momenti  $M_y$  (kNm)

## 5.2. DIMENZIONIRANJE PLOČE POZICIJE 100

BETON: C 45/50;

$$f_{ck} = 45,0 \text{ MPa} = 45,0 \text{ N/mm}^2 ; \gamma_c = 1,5$$

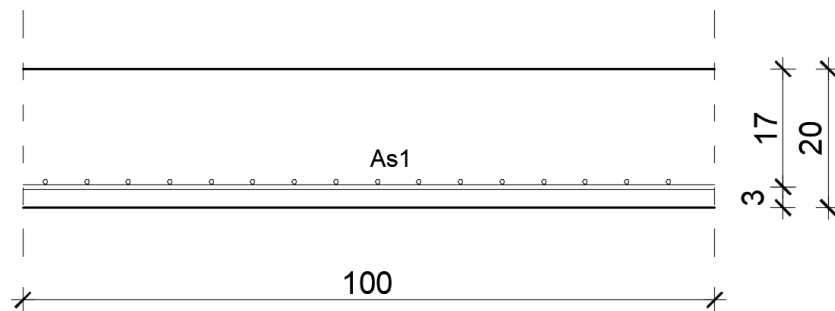
$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c = 30,0 \text{ N/mm}^2 = 3,0 \text{ kN/cm}^2$$

ARMATURA: B 500 B;

$$f_{yk} = 500,0 \text{ MPa} = 500 \text{ N/mm}^2 ; \gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500,0 / 1,15 = 434,78 \text{ MPa} = 434,78 \text{ N/mm}^2 = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

### Ploča – polje



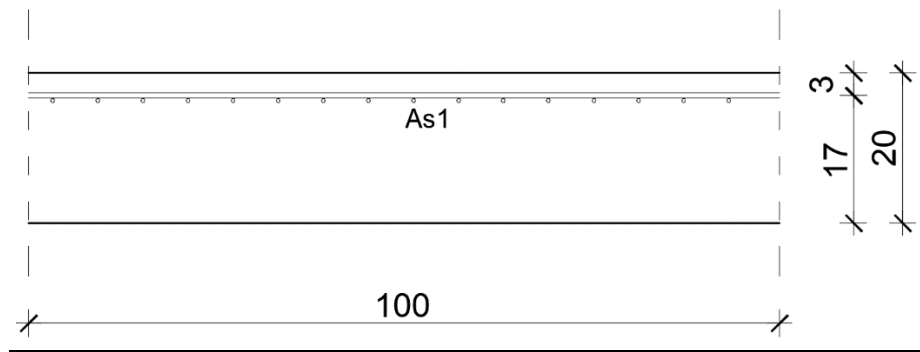
$$M_{Ed} = 34,24 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{sd} = M_{Ed} / b * d^2 * f_{cd} = 3424 / 100 * 16,5^2 * 3 = 0,047$$

$$\text{Očitano: } \epsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \epsilon_{c2} = 1,5 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,953 \quad \xi = 0,130$$

$$A_{s1} = M_{Ed} / \zeta * d * f_{yd} = 3424 / 0,953 * 16,5 * 43,48 = 5,01 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Odabrano za sve ploče: Q-**503** ( $A_s = 5,03 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

**Ploča - Ležaj**

$$M_{Ed} = 57,54 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{sd} = M_{Ed} / b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 5244 / 100 \cdot 16,5^2 \cdot 3 = 0,064$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1,6 \text{ ‰} \quad \zeta = 0,950 \quad \xi = 0,138$$

$$A_{s1} = M_{Ed} / \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = 5244 / 0,950 \cdot 16,5 \cdot 43,48 = 7,69 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Odabrana mreža: **R-785** ( $A_s = 7,85 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

Minimalna armatura:

$$A_{s1, \min} \geq 0,26 \cdot [f_{ct,m} / f_{yk}] \cdot b \cdot t \cdot d \geq 0,0013 \cdot b \cdot t \cdot d$$

$b \cdot t$  – širina vlačne zone

$d$  – statička visina presjeka

$f_{yk}$  – karakt. granica popuštanja čelika u N/mm<sup>2</sup>

[ $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$  za čelik B 500B]

$f_{ct,m}$  - srednja vlačna čvrstoća betona (iz tablice)

[ $f_{ctm} = 3,5 \text{ N/mm}^2$  za C 30/37]

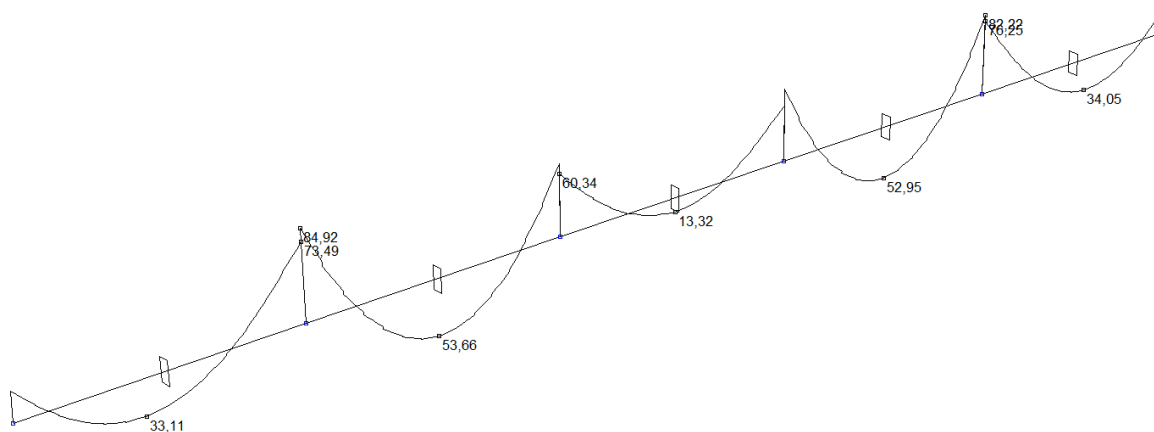
$$A_{s1, \min} \geq 0,26 \cdot 3,5 / 500 \cdot 100 \cdot 16,5 = 3,00 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$A_{s1, \min} \geq 0,0013 \cdot b \cdot t \cdot d = 0,0013 \cdot 100 \cdot 16,5 = 2,15 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

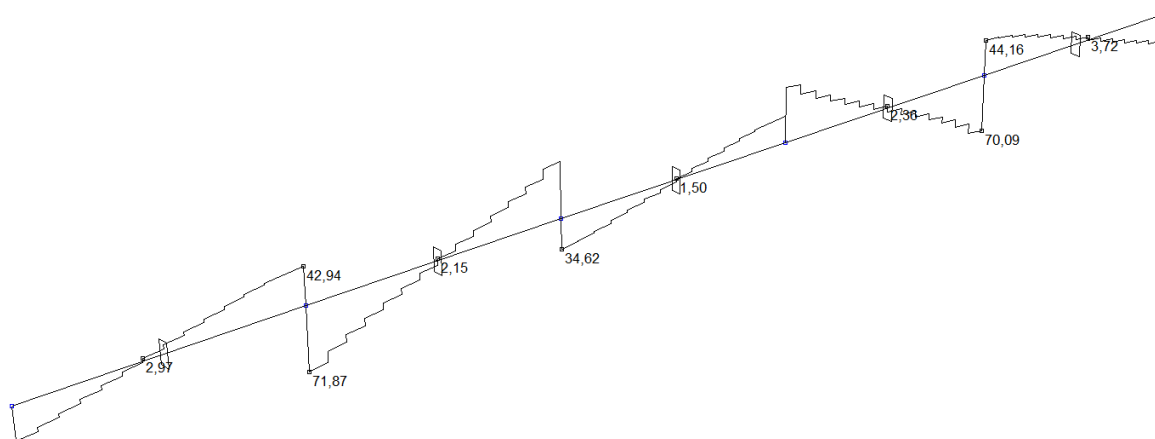
## 6. PRORAČUN KONTINUIRANOG NOSAČA POZICIJE 100

### 6.1. MOMENTI SAVIJANJA I POPREČNE SILE GREDE 30/60 POZICIJE 100

#### 6.1.1. Vlastita težina

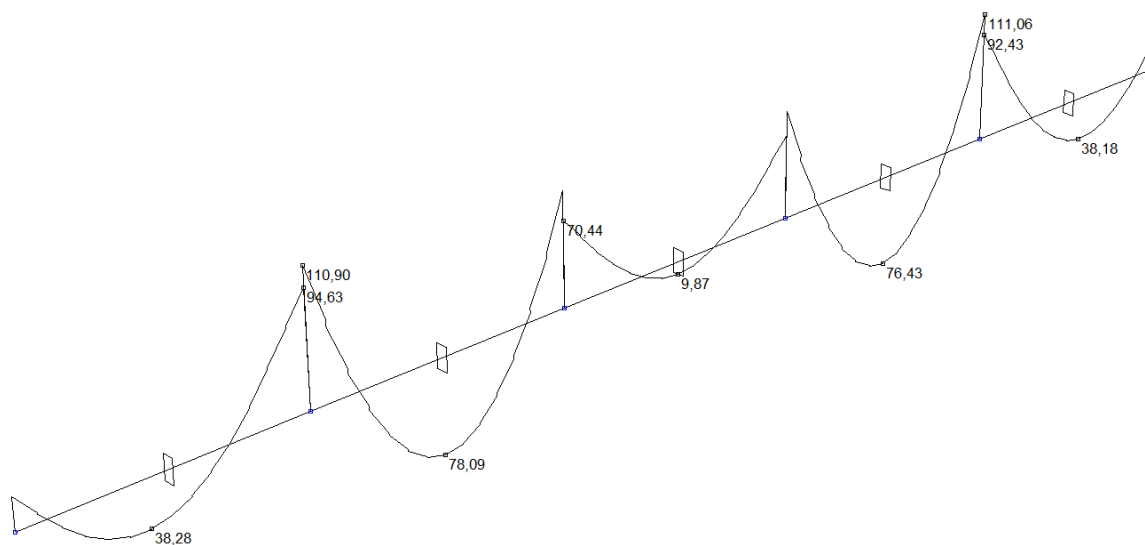


Slika 6.1. Momenti  $M_z$  (kNm)

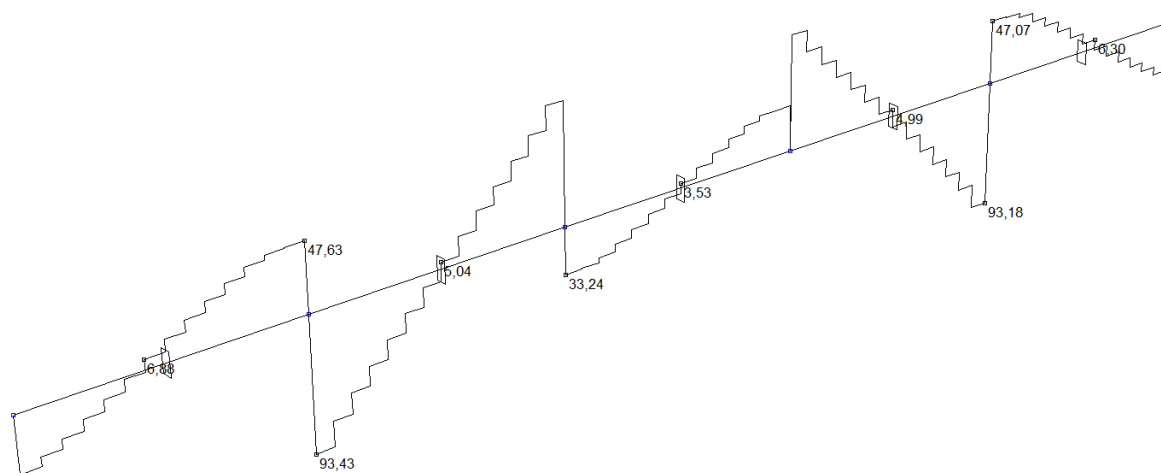


Slika 6.2. Poprečne sile  $T_y$  (kN)

### 6.1.2. Dodatno stalno opterećenje

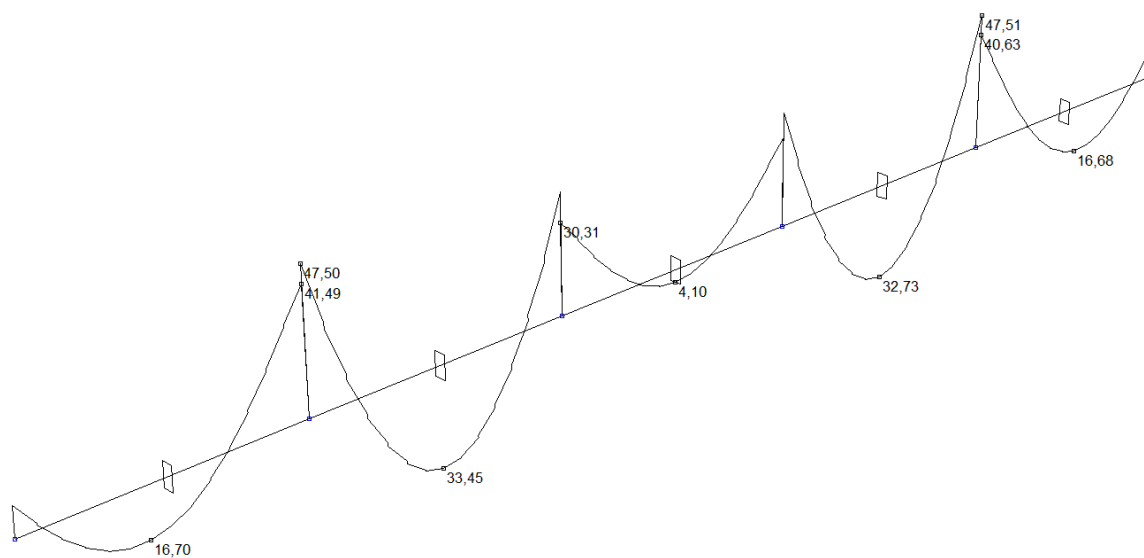
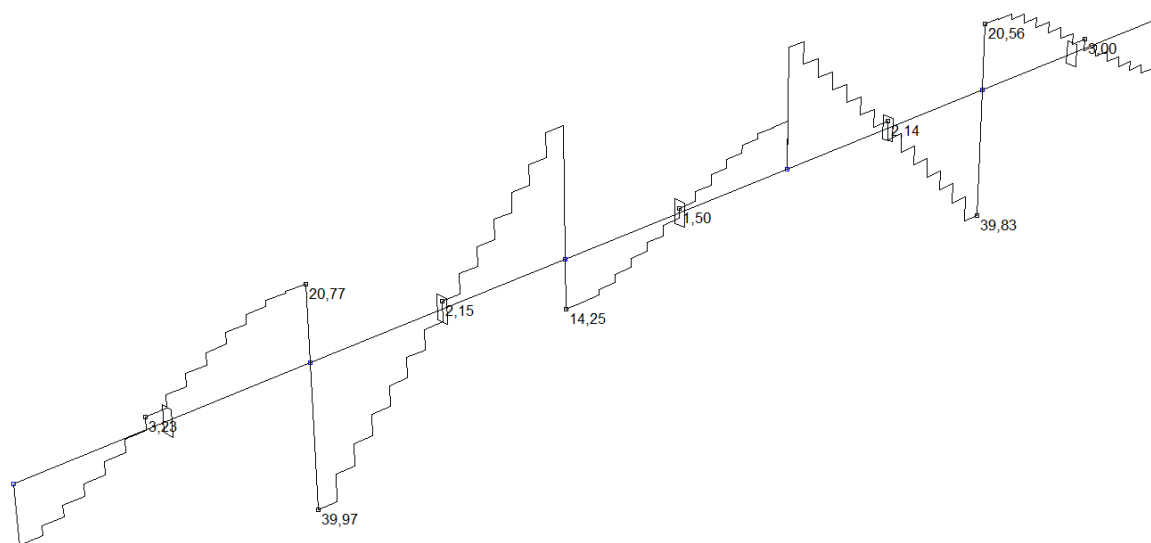


Slika 6.3. Momenti  $M_z$  (kNm)



Slika 6.4. Poprečne sile  $T_y$  (kN)

### 6.1.3. Uporabno opterećenje

Slika 6.5. Momenti  $M_z$  (kNm)Slika 6.6. Poprečne sile  $T_y$  (kN)

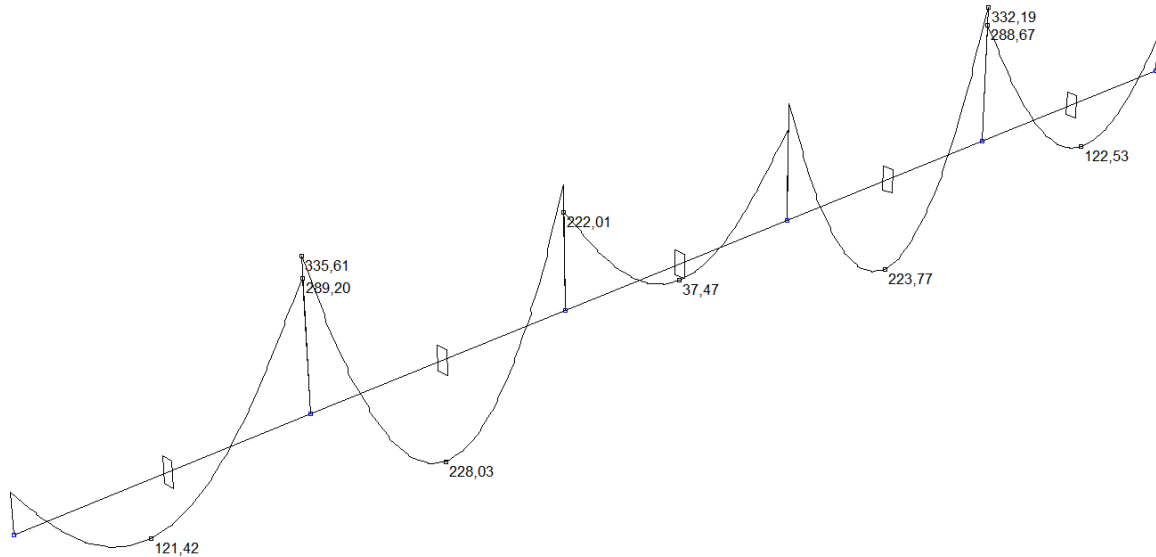
#### 6.1.4. Granično stanje nosivosti

Mjerodavna kombinacija za proračun GSN:  $M_{sd} = 1,35 \cdot (M_g + M_{\Delta g}) + 1,5 \cdot M_q$

Momenti:

$$M_{Ed, polje} = 228,3 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed, ležaj} = 335,61 \text{ kNm};$$

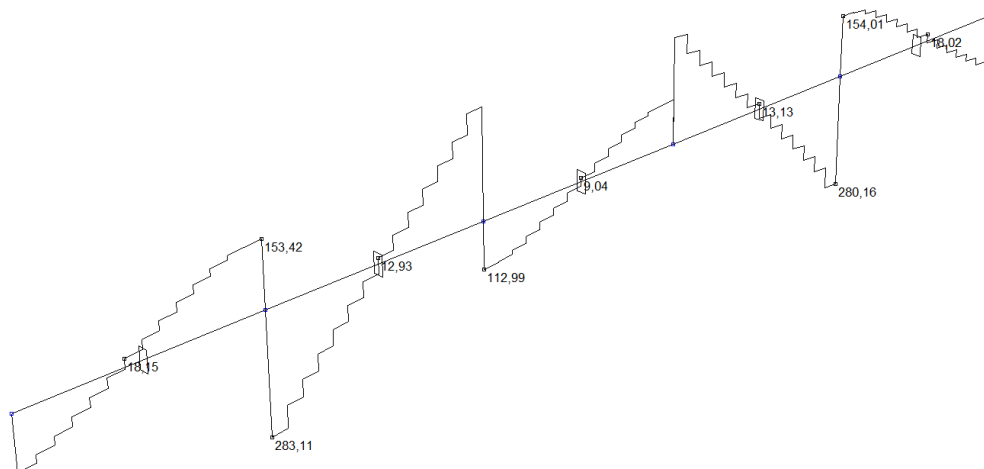


Slika 6.7. Momenti  $M_z$  (kNm)

Poprečne sile:

$$V_{Ed, ležaj} = 283,11 \text{ kN}$$

$$V_{Ed, polje} = 18,15 \text{ kN}$$



Slika 6.8. Poprečne sile  $T_y$  (kN)



## 6.2.DIMENZIONIRANJE NA MOMENT SAVIJANJA

BETON: C 45/50;

$$f_{ck} = 45,0 \text{ MPa} = 45,0 \text{ N/mm}^2 ; \gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c = 30 \text{ N/mm}^2 = 3,0 \text{ kN/cm}^2$$

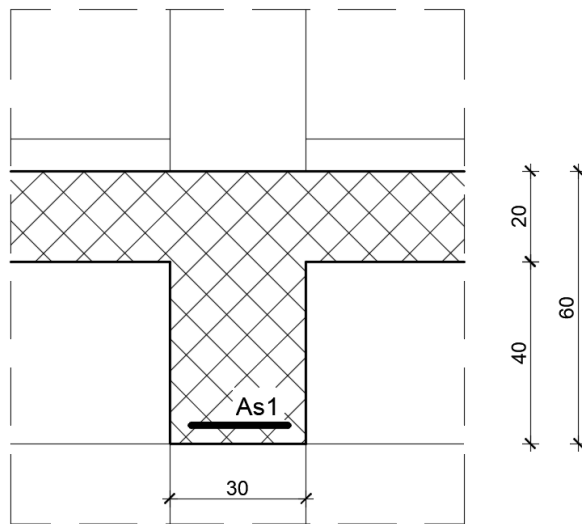
ARMATURA: B 500 B;

$$f_{yk} = 500,0 \text{ MPa} = 500 \text{ N/mm}^2 ; \gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500,0 / 1,15 = 434,78 \text{ MPa} = 434,78 \text{ N/mm}^2 = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

**Polje :**

Utjecajna širina:  $b_{eff} = b_o + l_o / 5 = 30 + 0,85 \cdot 700 / 5 = 149 \text{ cm}$



$$d_1 = 5 \text{ cm}$$

$$d = h - d_1 = 60 - 5 = 55 \text{ cm}$$

$$M_{Ed} = 228,3 \text{ kNm}$$

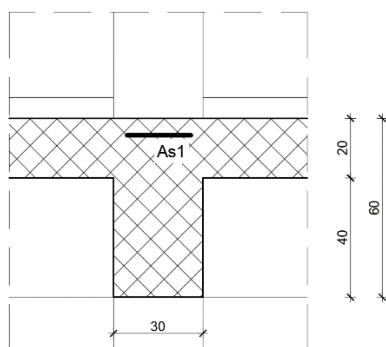
$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{22830}{149 \cdot 55^2 \cdot 3} = 0,017$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,8 \text{ ‰} \quad \xi = 0,074 \quad \zeta = 0,974$$

$$x = \xi \cdot d = 0,074 \cdot 55 = 4,1 \text{ cm} < h_{pl} = 20 \text{ cm}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{22830}{0,974 \cdot 55 \cdot 43,48} = 9,8 \text{ cm}^2$$

Odabrano 4Ø18 ( $A_s = 10,18 \text{ cm}^2$ )

**Ležaj :**

$$M_{Ed} = 335,61 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{33561}{30 \cdot 55^2 \cdot 3} = 0,123$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 2,7\text{‰} \quad \xi = 0,213 \quad \zeta = 0,916$$

Površina armature:

$$x = \xi \cdot d = 0,213 \cdot 55 = 11,75 \text{ cm}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{33561}{0,916 \cdot 55 \cdot 43,48} = 15,32 \text{ cm}^2$$

$$d_1 = 5 \text{ cm}$$

$$d = h - d_1 = 60 - 5 = 55 \text{ cm}$$

Odabrano 5Ø20 ( $A_s = 15,71 \text{ cm}^2$ )

Minimalna armatura:

$$A_{s1, \min} \geq 0,26 \cdot [f_{ct,m} / f_{yk}] \cdot b \cdot t \cdot d \geq 0,0013 \cdot b \cdot t \cdot d$$

$b \cdot t$  – širina vlačne zone

$d$  – statička visina presjeka

$f_{yk}$  – karakt. granica popuštanja čelika u N/mm<sup>2</sup>

$$[f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2 \text{ za čelik B 500B}]$$

$f_{ct,m}$  - srednja vlačna čvrstoća betona (iz tablice)

$$[f_{ct,m} = 2,9 \text{ N/mm}^2 \text{ za C 30/37}]$$

$$A_{s1, \min} \geq 0,26 \cdot 3,5/500 \cdot 30 \cdot 55 = 3,00 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1, \min} \geq 0,0013 \cdot b \cdot t \cdot d = 0,0013 \cdot 30 \cdot 55 = 2,15 \text{ cm}^2$$

Maksimalna armatura:

$$A_{s1, \max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 30 \cdot 55 = 66 \text{ cm}^2$$

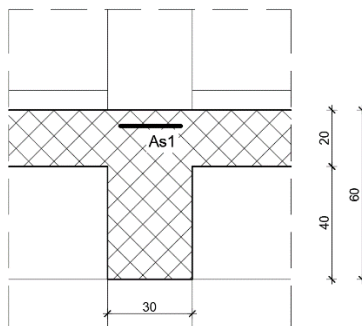
### 6.3. DIMENZIONIRANJE NA POPREČNU SILU

#### Ležaj

C 45/50

$$V_{Ed} = 283,11 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 0.0 \text{ kN}$$



$$A_{s1} = 5\phi 10 = 15,71 \text{ cm}^2$$

$$V_{Rdc} = \left[ C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

$$b_w = 30 \text{ cm} \quad ; \quad d = 55 \text{ cm}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{550}} = 1,60 \leq 2$$

$$k_1 = 0.15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{sd}}{A_c} = 0.0$$

$$\Sigma A_s = 5\phi 20 = 15,71 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{\Sigma A_s}{A_c} = \frac{5\phi 10}{30 \cdot 55} = \frac{15,71}{1650} = 0,0095$$

$$C_{Rdc} = \frac{0.18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12$$

$$V_{Rdc} = \left[ 0.12 \cdot 1.60 \cdot (100 \cdot 0.0095 \cdot 45)^{\frac{1}{3}} \right] \cdot 300 \cdot 550 = 110,77 \text{ kN}$$

$$V_{Rdc} \geq [\nu_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

$$\nu_{\min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0.035 \cdot 1.60^{\frac{3}{2}} \cdot 45^{\frac{1}{2}} = 0.478$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{sd}}{A_c} = 0.0$$

$$V_{Rdc} \geq \nu_{\min} \cdot b_w \cdot d = 0.478 \cdot 300 \cdot 550 = 78,87 \text{ kN} \leq V_{Ed}$$

$$V_{Ed, \max} = V_{Ed} = 283,11 \text{ kN}$$

$$V_{Rd, \max} = 0.5 \cdot \nu \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$\nu = 0.6 \cdot \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{300} \right] = 0.6 \cdot \left[ 1 - \frac{45}{300} \right] = 0.51$$

$$V_{Rd, \max} = 0.6 \cdot 0.51 \cdot 300 \cdot 550 \cdot 30 = 1514,7 \text{ kN} > V_{Ed, \max} = V_{Ed}$$

$$V_{Ed, \max} / V_{Rd, \max} = 283,11 / 1514,7 = 0.187 \approx 0.190 \Rightarrow V_{Ed} = 0.190 V_{Rd, \max}$$

$$s_{\max} = \min \{0.75 \cdot d; 30\} = \min \{33.75; 30\} \Rightarrow s_{\max} = 30.0 \text{ cm}$$

$$\rho_{\min} = 0.0013$$

Površina minimalne armature:

$$A_{sw,\min} = \frac{\rho_{\min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.0013 \cdot 30 \cdot 30}{2} = 0.59 \text{ cm}^2$$

Odabrane minimalne spone: **Ø10/30** ( $A_{sw}=0.79 \text{ cm}^2$ )

$$f_{yw,d} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}; B500B \Rightarrow f_{yw,d} = \frac{500}{1.15} = 434.8 \text{ MPa} = 43.48 \text{ kN/cm}^2$$

$$V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yw,d} \cdot m \cdot \cot \theta = \frac{0.79}{30} \cdot (0.9 \cdot 55) \cdot 43.48 \cdot 2 \cdot 1$$

$$V_{Rd} = 113.35 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} > V_{Rd}$$

Na mjestu maksimalne poprečne sile:

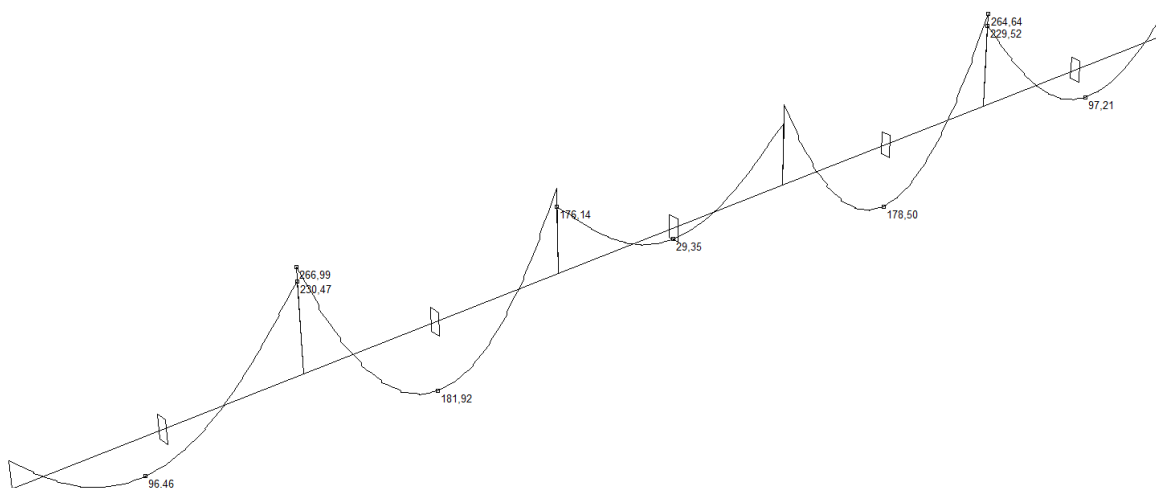
$$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0.59 \cdot 43.48 \cdot (0.9 \cdot 55)}{283.11} = 8.97 \text{ cm}$$

Postaviti spone **Ø8/10** ( $A_{sw}=0.79 \text{ cm}^2$ )

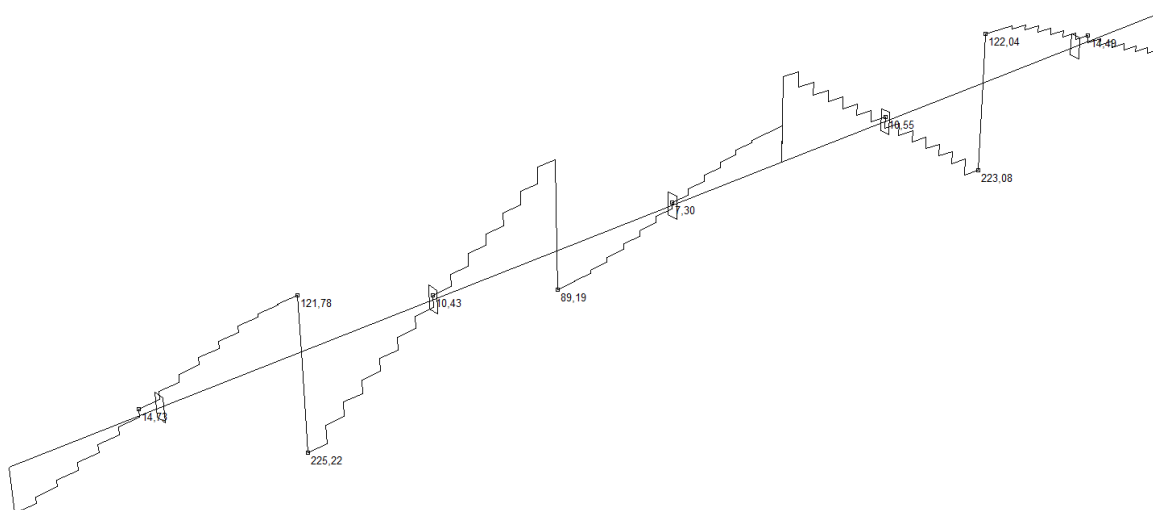
## 6.4. KONTROLA PUKOTINA GREDE POZICIJE 100

Kontrola pukotina i progib grede proračunava se na granično stanje uporabljivosti. Mjerodavna kombinacija za proračun graničnog stanja uporabljivosti je:

1.0 vlastita težina "+" 1.0 dodatno stalno "+" 1.0 korisno



Slika6.9.Moment (kNm)



Slika6.10.Poprečna sila (kN)

Polje :

$$M_{Ed} = 181,92 \text{ kNm}$$

Prognoza širine pukotine:

$$w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{s,m} - \varepsilon_{c,m})$$

Proračun srednje deformacije armature:

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$A_{s1} = 4\emptyset 18 = 10,18 \text{ cm}^2$$

$$E_{cm} = 36.00 \text{ GPa} = 36000 \text{ MPa} - \text{modul elastičnosti betona}$$

$$E_s = 200.0 \text{ GPa} = 200000.0 \text{ MPa} - \text{modul elastičnosti armature}$$

$$f_{ctm} = 3,8 \text{ MPa} - \text{za betone klase C 45/50}$$

$$k_t = 0.4 - \text{dugotrajno opterećenje}$$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{38,0} = 5,26$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{5.26 \cdot 10,18}{30} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 30 \cdot 55}{5.26 \cdot 10,18}} \right) = 12,34 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{18192}{\left(45 - \frac{12,34}{3}\right) \cdot 10,18} = 43,71 \text{ kN /cm}^2 = 437,1 \text{ MPa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2.5 \cdot d_1} = \frac{10,18}{30 \cdot 2.5 \cdot 6.0} = 0.023$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{437,1 - 0.4 \cdot \frac{3.8}{0.023} \cdot (1 + 5.26 \cdot 0.023)}{200000} \geq 0.6 \cdot \frac{437,1}{200000}$$

$$\frac{366,92}{200000} > \frac{262,26}{200000}$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0.00018$$

Srednji razmak pukotina:

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} \quad [mm]$$

$\phi = 20 \text{ mm}$  - Profil šipke

$c = 35 \text{ mm}$  - Zaštitni sloj uzdužne armature

$k_1 = 0.8$  - Rebrasta armatura

$k_2 = 0.5$  - Savijanje

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$$s_{r,max} = 3.4 \cdot 35 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{20}{0.023} = 203.58 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotine:

$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 203.58 \cdot 0.00018 = 0.0245 \text{ mm} < w_g = 0.3 \text{ mm}$  - Pukotine zadovoljavaju!

Ležaj:

$M_{Ed} = 266,99 \text{ kNm}$

Prognoza širine pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{s,m} - \varepsilon_{c,m})$$

Proračun srednje deformacije armature:

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$A_{s1} = 5\emptyset 20 = 15,71 \text{ cm}^2$$

$E_{cm} = 36.00 \text{ GPa} = 36000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti betona

$E_s = 200.0 \text{ GPa} = 200000.0 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti armature

$f_{ctm} = 3.8 \text{ MPa}$  - za betone klase C 45/50

$k_t = 0.4$  - dugotrajno opterećenje

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{38,0} = 5.26$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{5.26 \cdot 15,71}{30} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 30 \cdot 55}{5.26 \cdot 15,71}} \right) = 14,89 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{26699}{\left(55 - \frac{14,89}{3}\right) \cdot 15,71} = 33,96 \text{ kN /cm}^2 = 339,6 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{15,71}{b \cdot 2.5 \cdot d_1} = \frac{15,71}{30 \cdot 2.5 \cdot 6.0} = 0.035$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{339,6 - 0.4 \cdot \frac{3.8}{0.035} \cdot (1 + 5.26 \cdot 0.035)}{200000} \geq 0.6 \cdot \frac{339,6}{200000}$$

$$\frac{288,18}{200000} > \frac{203,76}{200000}$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0.00014$$

Srednji razmak pukotina:

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} \quad [\text{mm}]$$

$\phi = 20 \text{ mm}$  - Profil šipke

$c = 35 \text{ mm}$  - Zaštitni sloj uzdužne armature

$k_1 = 0.8$  - Rebrasta armatura

$k_2 = 0.5$  - Savijanje

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$$s_{r,max} = 3.4 \cdot 35 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{20}{0.035} = 216,14 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotine:

$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 216,14 \cdot 0.00014 = 0.029 \text{ mm} < w_g = 0.3 \text{ mm}$  - Pukotine zadovoljavaju!



Ostale grede na poziciji 100 armirati će se istom armaturom kao i ova greda jer su istih dimenzija 30x60, relativno istih raspona i manjih momenata i poprečnih sila!

## 6.5. KONTROLA PROGIBA GREDE POZICIJE 100

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

Kontrola progiba za Polje :

Granični progib:

$$v_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{700}{250} = 2,8 \text{ cm}$$

Beton: C 45/50;  $f_{ck}=45.0 \text{ MPa}$

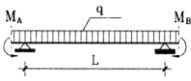

$$E_{cm} = 36000 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (45)^{2/3} = 3.8 \text{ MPa}$$

Čelik: B500B ;  $E_s = 200.0 \text{ GPa}$

$$\alpha_{el} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{36} = 5.56$$

Red	Tip opterećenja	Dijagram momenata savijanja	Koeficijent $k$ iz izraza (5.131)
-----	-----------------	-----------------------------	-----------------------------------

7			$k = \frac{5}{48} (1 - 0.1\beta)$ $\beta =  M_A + M_B  /  M_F $
---	---	---	---

$$v_{\text{tot}} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{\text{tot}}}$$

$$\beta = |M_A + M_B| / |M_F| = |266,99 + 225,38| / |181,92| = 2,71$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 3.71) = 0.0654$$

Progib homogenog presjeka:

$$A_{s1} = 4\emptyset 18 = 10,18 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = 5\emptyset 20 = 15,71 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} I_I &= \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \\ &= \frac{30 \cdot 60^3}{12} + 5.56 \cdot \left[ 10,18 \cdot \left( \frac{60}{2} - 5 \right)^2 + 15,17 \cdot \left( \frac{60}{2} - 5 \right)^2 \right] = \\ &= 628091,25 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 36.0 \text{ GN/m}^2 = 3600.0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{18192}{3600 \cdot 628091,25} = 0.00000805 \frac{1}{\text{cm}}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

$$x = 14,89 \text{ cm (izračunato kod pukotina)}$$

$$\begin{aligned} I_{II} &= \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2 \right] \\ &= \frac{30 \cdot 14,89^3}{12} + (30 \cdot 14,89) \cdot \left( \frac{14,89}{2} \right)^2 + 5.26 \cdot \left[ 10,18 \cdot (55 - 14,89)^2 + 15,71 \cdot (14,89 - 5)^2 \right] \\ &= 127242,34 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{18192}{3600 \cdot 127242,34} = 0.0000397 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\sigma_s = 437,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 0,38 \cdot \frac{30 \cdot 60^2}{6} = 6840 \text{ kNcm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{6840}{\left(55 - \frac{14,89}{3}\right) \cdot 10,18} = 13,43 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 134,30 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 1,0 - \text{Rebrasta armatura}$$

$$\beta_2 = 0,5 - \text{Dugotrajno opterećenje}$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 1 - 1,0 \cdot 0,5 \cdot \left(\frac{134,3}{437,1}\right)^2 = 0,952$$

$$\frac{1}{r_I} = 0,00000805 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0,0000397 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_m} = (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_I} + \zeta \cdot \frac{1}{r_{II}} = (1 - 0,952) \cdot 0,00000805 + 0,952 \cdot 0,0000397 =$$

$$0,0000041 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k = 0,0654$$

$$L = 600,0 \text{ cm}$$

$$\nu_{tot, t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0,0654 \cdot 700^2 \cdot 0,000041 = 1,31 \text{ cm} < \nu_{lim} = 2,4 \text{ cm}$$

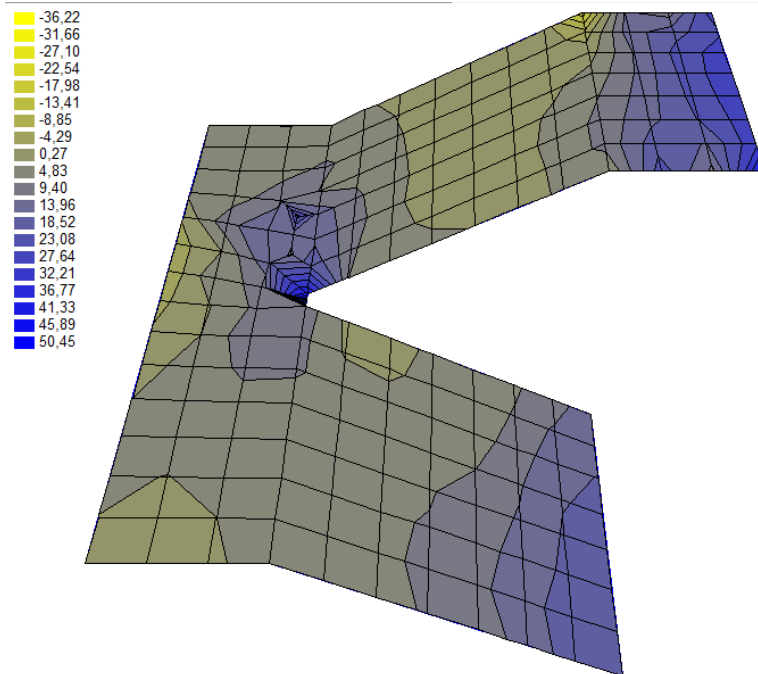
Greda zadovoljava !

## 7. PRORAČUN STUBIŠTA

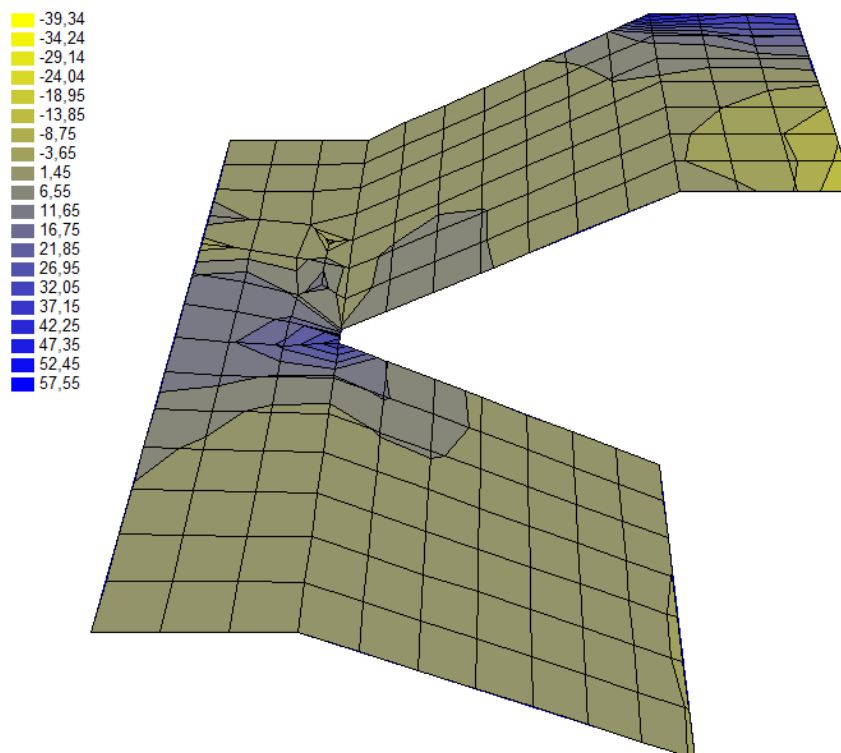
### 7.1. MJERODAVNE REZNE SILE

- *Granično stanje nosivosti*

Mjerodavna kombinacija:  $M_{sd}=1,35*(M_g+M_{\Delta g})+1,5*M_d$



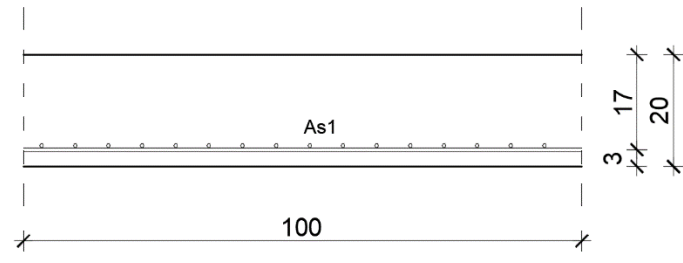
Slika 7.1. Moment  $M_x$  (kNm)



Slika 7.2. Moment  $M_y$  (kNm)

## 7.2.DIMENZIONIRANJE STUBIŠTA

### Polje



$$M_{Ed} = 18,95 \text{ kNm/m}$$

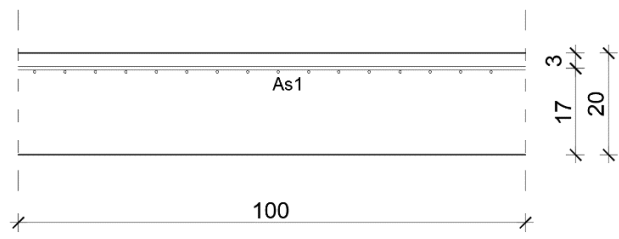
$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1895}{100 \cdot 20^2 \cdot 3} = 0.016$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0.6 \text{ ‰} \quad \xi = 0.057 \quad \zeta = 0.981$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1895}{0.981 \cdot 20 \cdot 43.48} = 2,22 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Odabrana mreža: **Q-226** ( $A_s = 2,26 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

### Ležaj



$$M_{Ed} = 52,45 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{5245}{100 \cdot 20^2 \cdot 3} = 0.044$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1.3 \text{ ‰} \quad \xi = 0.115 \quad \zeta = 0.959$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{5245}{0.959 \cdot 20 \cdot 43.48} = 6,3 \text{ cm}^2/\text{m}$$

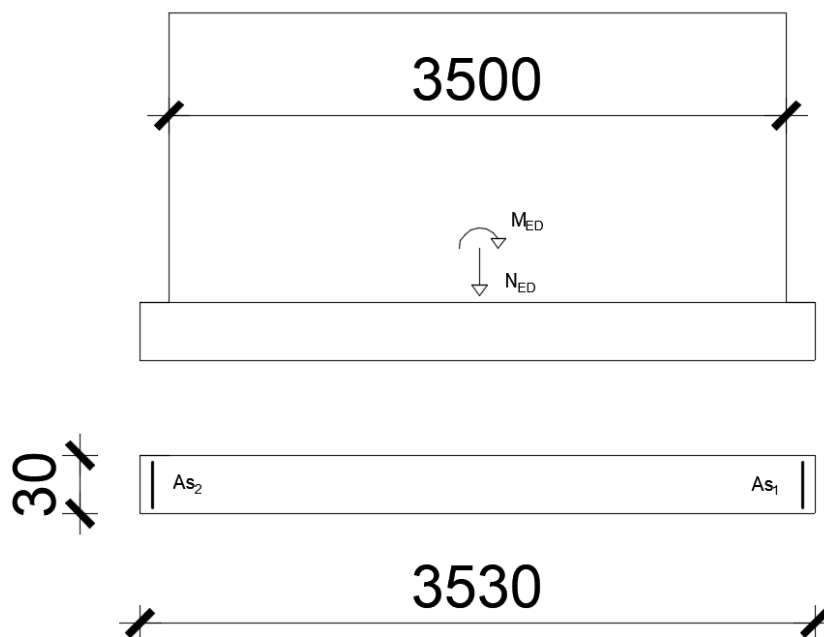
Odabrana armatura: **R-636** ( $A_s = 6,36 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

## 8 DIMENZIONIRANJE ZIDOVA

Rezne sile dobivene u programu *AspalathosLinearsu* po teoriji I. reda.

Tablica 8.2. Rezne sile u stupovima

M(kNm)	N(kN)
342,76	1860,51



$$M_{Eds} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot L_2/2$$

$$M_{Eds} = 342,76 + 1860,51 \cdot \frac{35,30}{2} = 33180,72 \text{ kNm}$$

$$A_{s1} = M_{Eds}/z \cdot f_{yd} - N_{Ed}/f_{yd}$$

$$A_{s1} = \frac{33180,72}{22,5 \cdot 43,48} - \frac{1860,51}{43,48} = -8,87 \text{ cm}^2$$

>Potrebna je samo konstruktivna armatura!

## 8. PRORAČUN TEMELJA

### 8.1.DIMENZIONIRANJE TEMELJA

Temelj je proračunat za granično stanje nosivosti. Za dobivanje mjerodavnih naprezanja na spoju zid – temelj korištene su slijedeće kombinacije opterećenja:

$$1,35 \cdot g_{vl.težina} + 1,35 \cdot g_{dodatno stalno} + 1,5 \cdot q + 1,5 \cdot w_y$$

- 1. kombinacija:  $N = 1860,51 \text{ kN}$

$$M = 342,76 \text{ kNm}$$

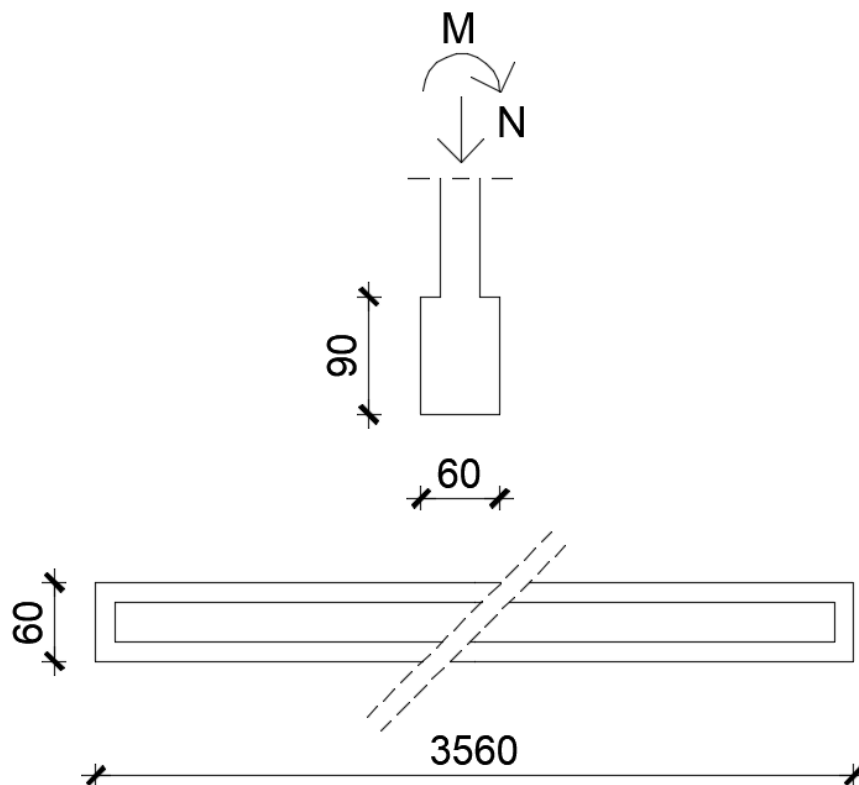
Dopuštena naprezanja u tlu (ovise o vrsti tla):  $\sigma_{dop} = 0,54 \text{ MN/m}^2$

Širina temelja: 0,60 m

Duljina temelja: 35,60 m

Visina temelja: 0,90 m

Težina temelja:  $N_t = 35,60 \cdot 0,60 \cdot 0,9 \cdot 25 = 411,075 \text{ kN}$



Slika 9.1.Dimenzije temelja

## 8.2.KONTROLA NAPREZANJA NA DODIRNOJ PLOHI TEMELJ – TLO

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W}$$

$$A = 35,60 \cdot 0,60 = 21,36 \text{ m}^2$$

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{0,60 \cdot 35,60^2}{6} = 126,74 \text{ m}^3$$

### kombinacija

$$N = 1860,51 \text{ kN} \quad > N_{Ed} = N + N_t = 1860,51 + 411,075 = 2301,57 \text{ kN}$$

$$M = 342,76 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W} = \frac{1860,51}{121,36} \pm \frac{342,76}{126,74} =$$

$$\sigma_1 = 89,81 \text{ kN/m}^2 < \sigma_{dop,tlo} = 500 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_2 = 84,4 \text{ kN/m}^2 < \sigma_{dop,tlo} = 500 \text{ kN/m}^2$$



### 8.3.PRORAČUN ARMATURE TEMELJA

#### ➤ Momenti u presjeku 1-1

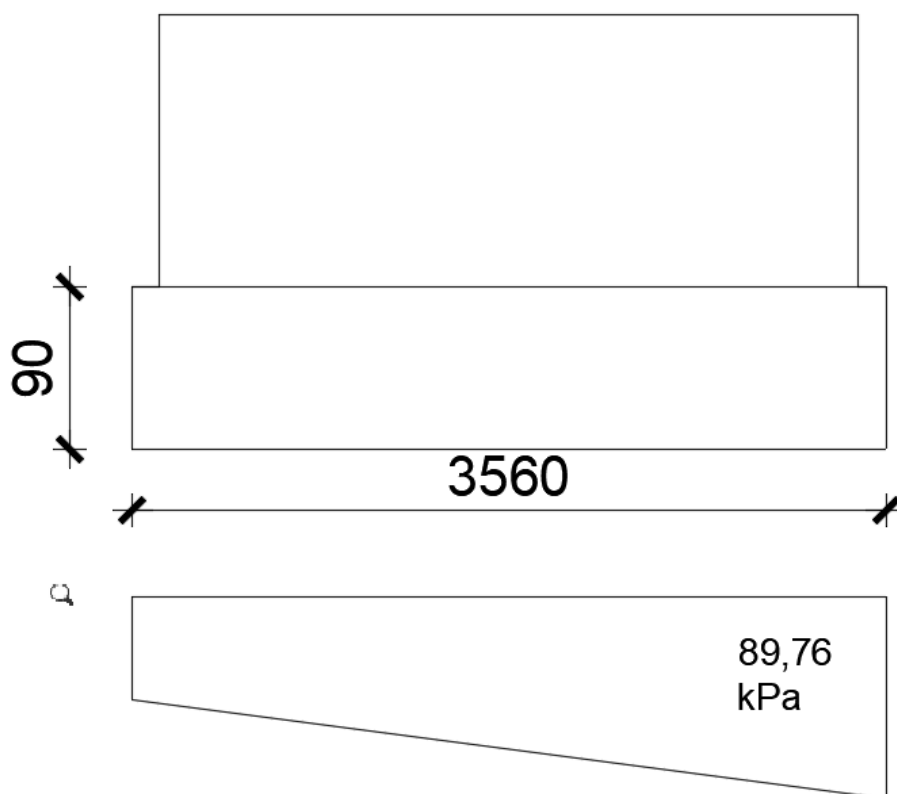
$$M_{1-1} = \sigma_{1-1} \cdot b_1 \cdot \frac{b_1}{2} + (\sigma_1 - \sigma_{1-1}) \cdot \frac{b_1}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot b_1$$

$$\sigma_{1-1} = \sigma_1 - \frac{b_1}{b} \cdot (\sigma_1 - \sigma_2)$$

$$\sigma_{1-1} = 89,81 - \frac{0,30}{35,30} \cdot (89,81 - 84,4) = 89,76 \text{ kPa}$$

$$M_{1-1} = 89,81 \cdot 0,30 \cdot \frac{0,30}{2} + (89,81 - 89,86) \cdot \frac{0,30}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 0,30$$

$$M_{1-1} = 4,04 \text{ kNm}$$



Slika 10.2. Naprezanje ispod temelja za kombinaciju

Mjerodavni moment za proračun armature:

$$M_{1-1} = 4,04 \text{ kNm}$$

$$\text{Klasa betona: C45/50} \rightarrow f_{ck} = 45 \text{ MPa} \rightarrow f_{cd} = \frac{45}{1,5} = 30 \text{ MPa} = 3 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Zadana armatura: B500B} \rightarrow f_{yk} = 500 \text{ MPa} \rightarrow f_{yd} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ MPa} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4,04 \cdot 100}{100 \cdot 85^2 \cdot 2,67} = 0,002$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰, } \varepsilon_{c2} = 0,2 \text{ ‰, } \xi = 0,020 \text{ , } \zeta = 0,993$$

$$A_{s1} = \frac{M_{sd,1-1}}{f_{yd} \cdot \zeta \cdot d} = \frac{4,04 \cdot 100}{43,48 \cdot 0,993 \cdot 85} = 0,113 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

$$A_{s1} = \frac{0,113}{0,60} = 0,188 \left( \frac{\text{cm}^2}{\text{m}'} \right)$$

Odabrana armatura:

$$A_{s1, \text{odabrano}} = 0,188 \left( \frac{\text{cm}^2}{\text{m}'} \right)$$

U donju zonu temelja:

Odabrana armatura: mreža Q131 ( $A_{s1} = 1,31 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

Konstruktivna armatura u gornjoj zoni: mreža Q131 ( $A_{s1} = 1,31 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

## ***10. PRILOZI***

**10.1. ARMATURA PLOČE POZICIJA 100- DONJA ZONA**

**10.2. ARMATURA PLOČE POZICIJA 100- GORNJA ZONA**

**10.3. ARMATURA PLOČE POZICIJA 200- DONJA ZONA**

**10.4. ARMATURA PLOČE POZICIJA 200- GORNJA ZONA**

**10.5. ARMATURNI PLAN GREDE**

**10.6. ARMATURNI PLAN STUBIŠTA**

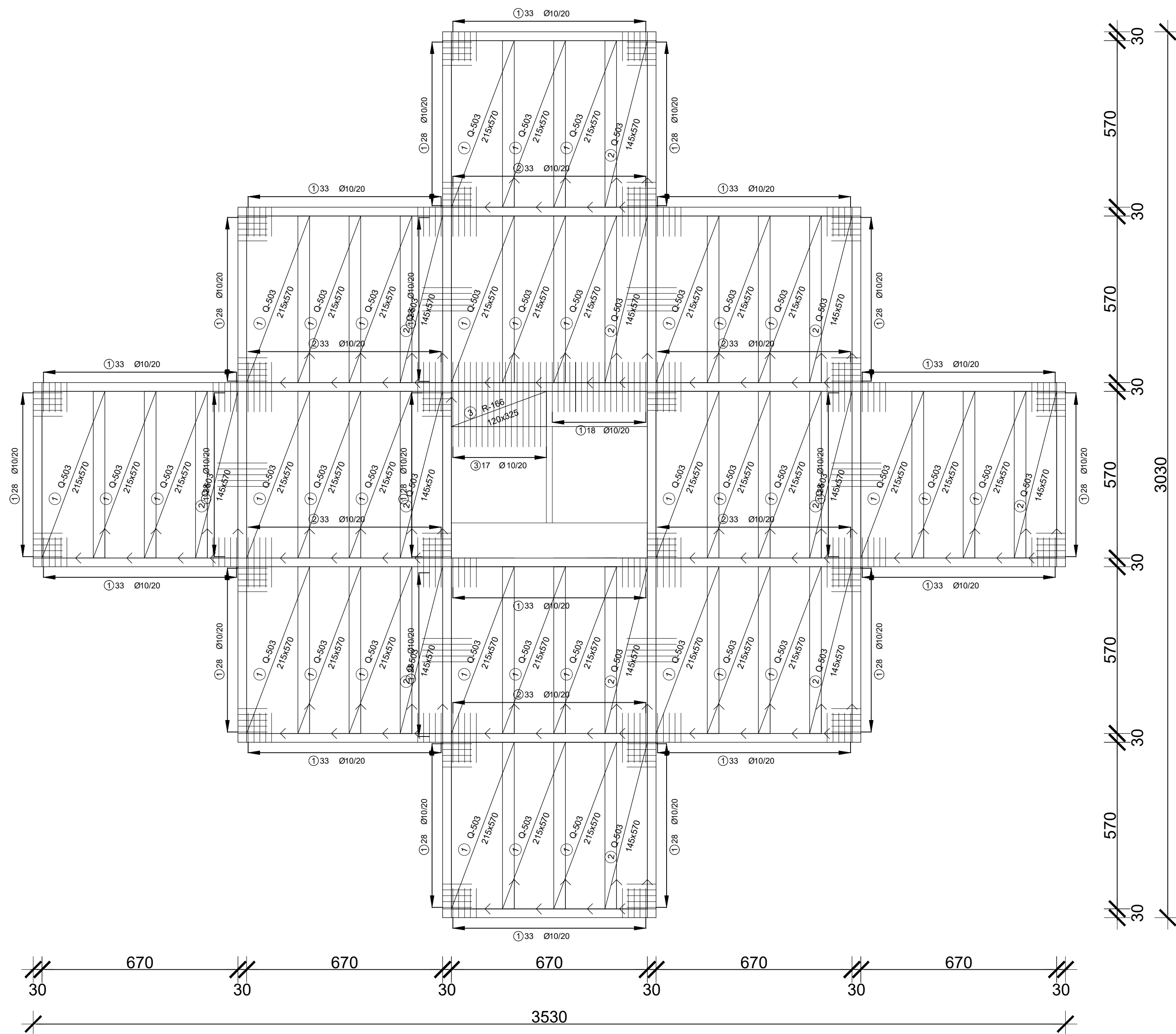
## ***11.LITERATURA***

Radnić J.,Harapin A. Osnove betonskih konstrukcija,interna skripta.

Fakultet građevinarstva arhitekture i geodezijeu Splitu,studeni 2013.

V. Herak Marović: Betonske konstrukcije 2, nastavni tekst (predavanja, vježbe) na web stranici

V. Herak Marović: Betonske konstrukcije 1, nastavni tekst (predavanja, vježbe) na web stranici

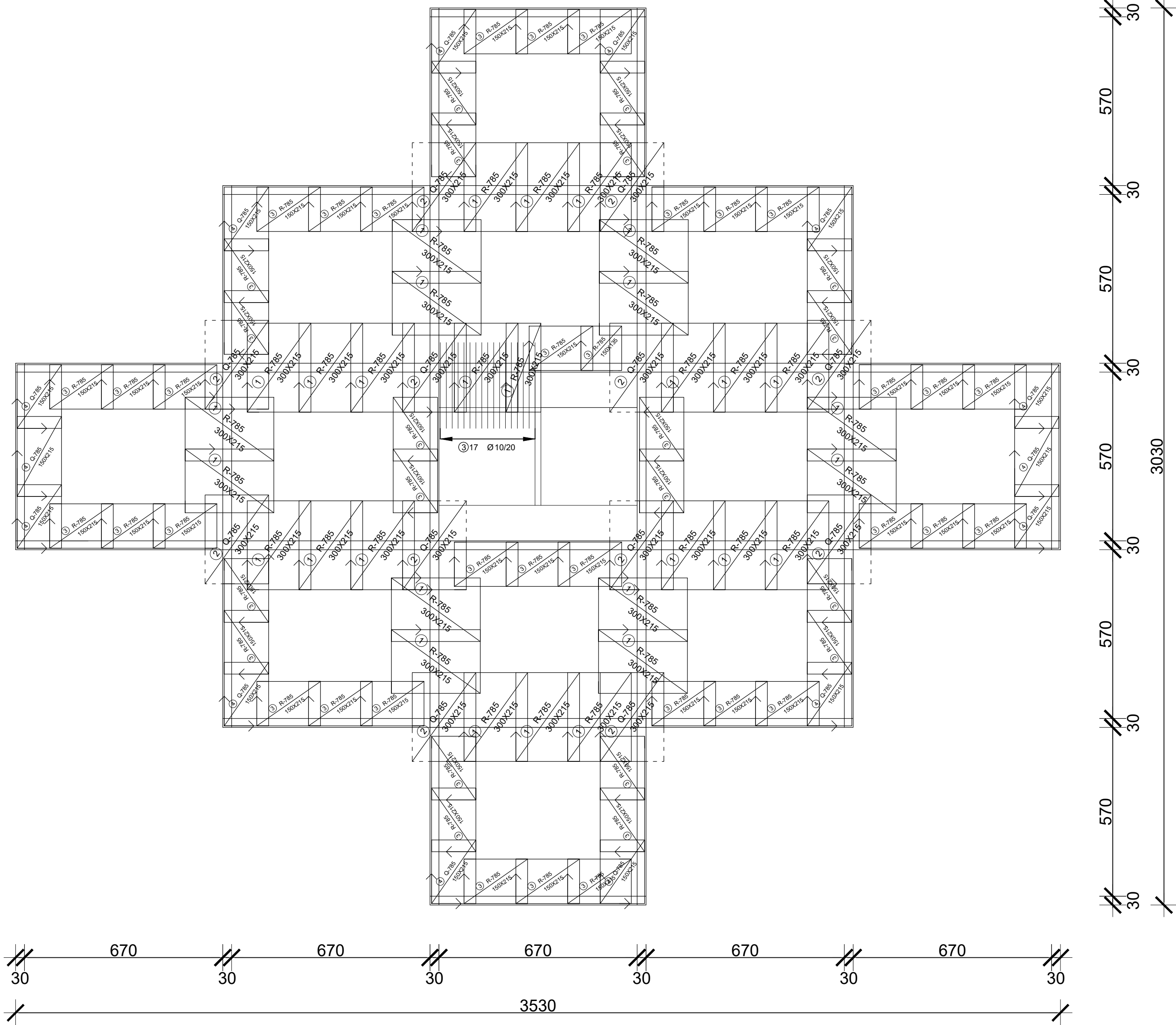


10.1.ARMATURA PLOČA POZICIJE  
100 (DONJA ZONA) M 1:100

ISKAZ MREŽASTE ARMATURE Čelik B500B						
POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZUJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m2)	UKUPNA MASA
1	Q-503		215x570	37	8,03	3764,9
2	Q-503		145x570	12	8,03	796,4
3	R-166		120x325	1	1,76	6,7
UKUPNO: (KG)...						4568

ISKAZ REBRASTE ARMATURE Čelik B500B					
POZ.	OBLIK	Ø	JED. MASA (kg/m)	KOM.	MASA (kg)
1		10	0,617	699	560,7
2		10	0,617	384	402,8
3		10	0,617	17	30,4
UKUPNO: (KG)...					993,9

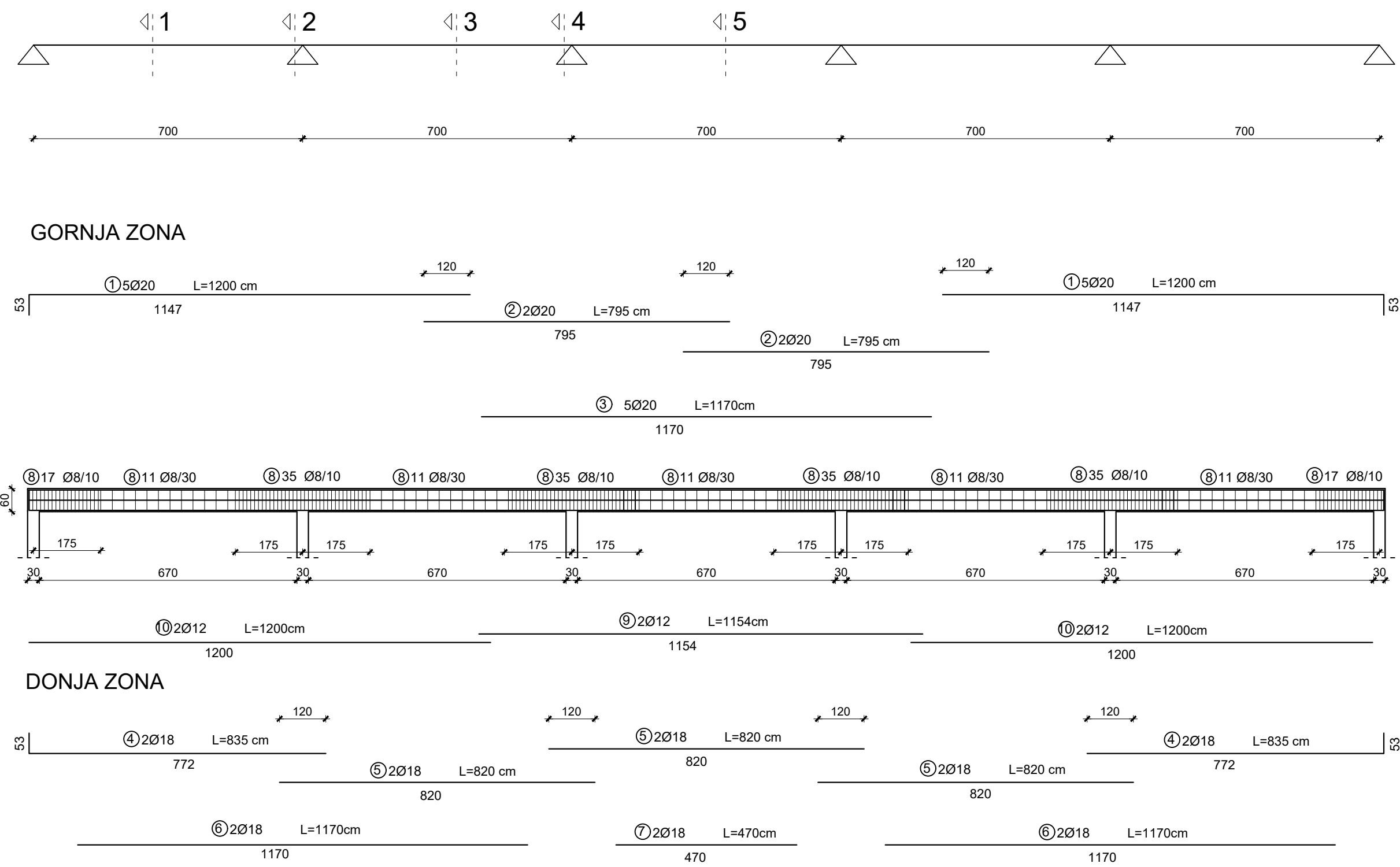
10.2.ARMATURA PLOČA POZICIJE  
100 (GORNJA ZONA) M 1:100

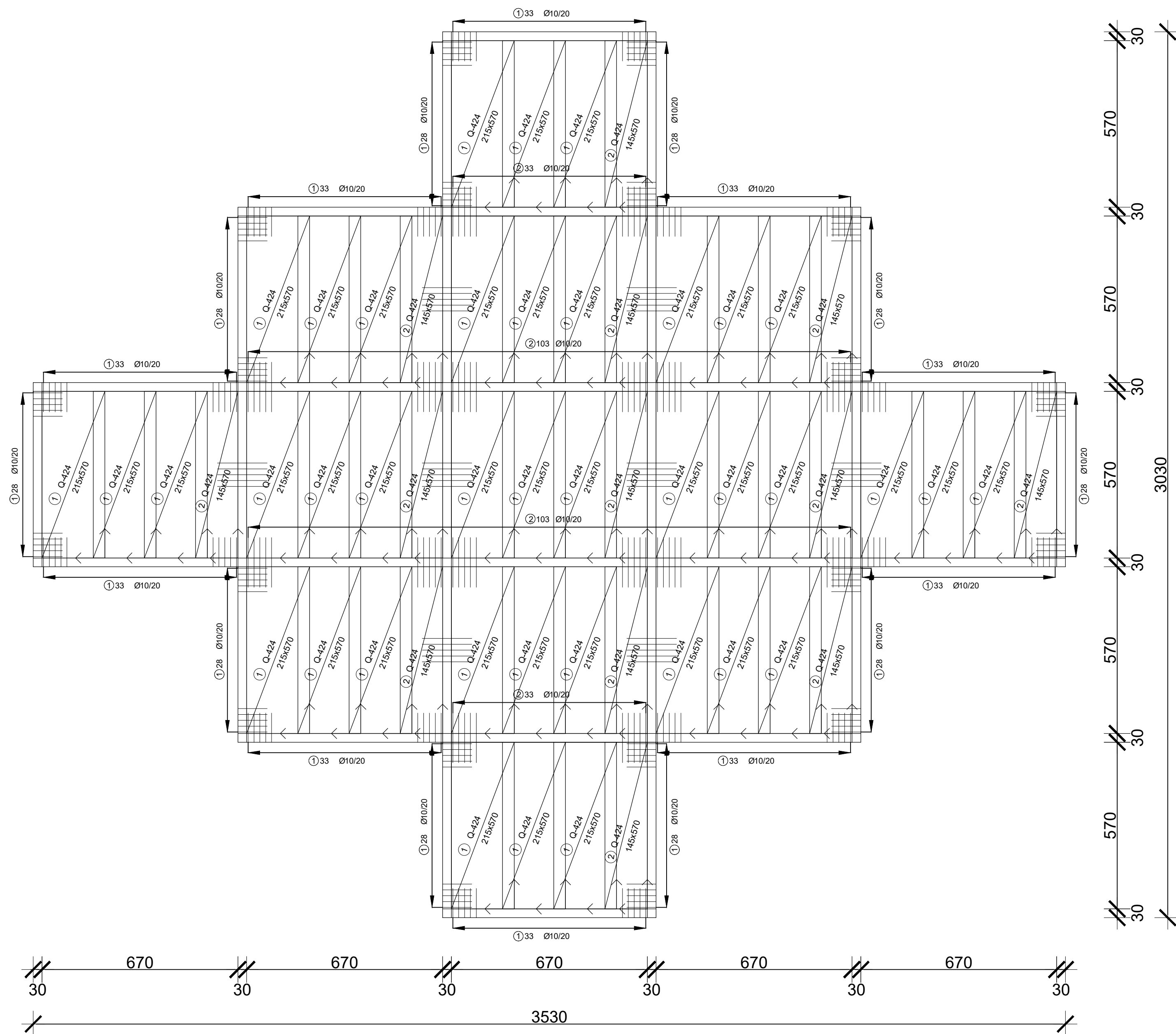


ISKAZ MREŽASTE ARMATURE						
Čelik B500B						
POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZUJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m2)	UKUPNA MASA
1	R-785		300x215	37	7,35	1754,1
2	Q-785		300x215	12	12,46	964,4
3	R-785		150x215	53	7,35	1256,3
4	Q-785		150x215	12	12,46	482,2
UKUPNO: (KG)...					4457	

# 10.5. Armaturni plan kontinuiranog nosača pozicije 100

MJ 1:100





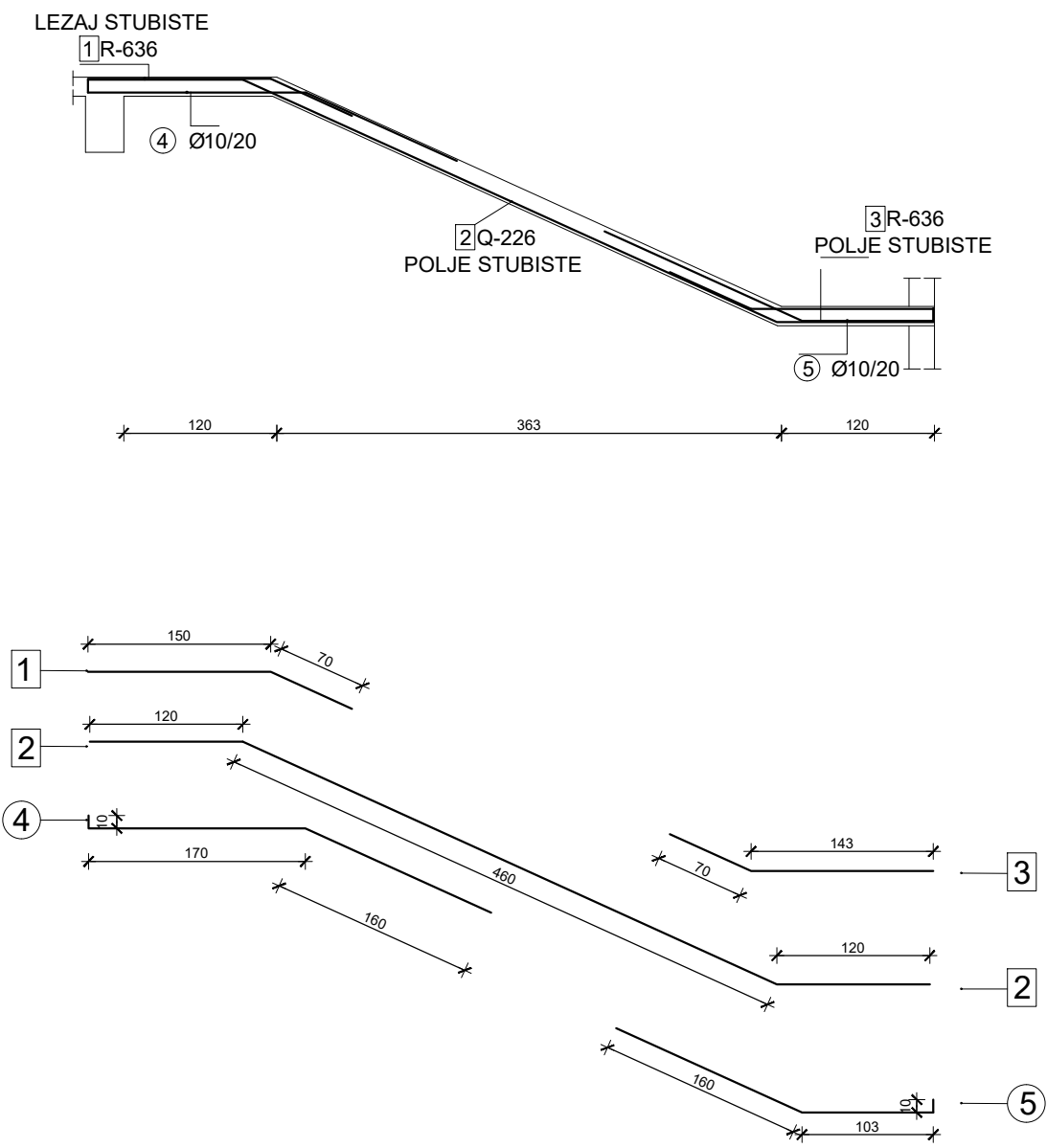
10.3.ARMATURA PLOČA POZICIJE  
200 (DONJA ZONA) M 1:100

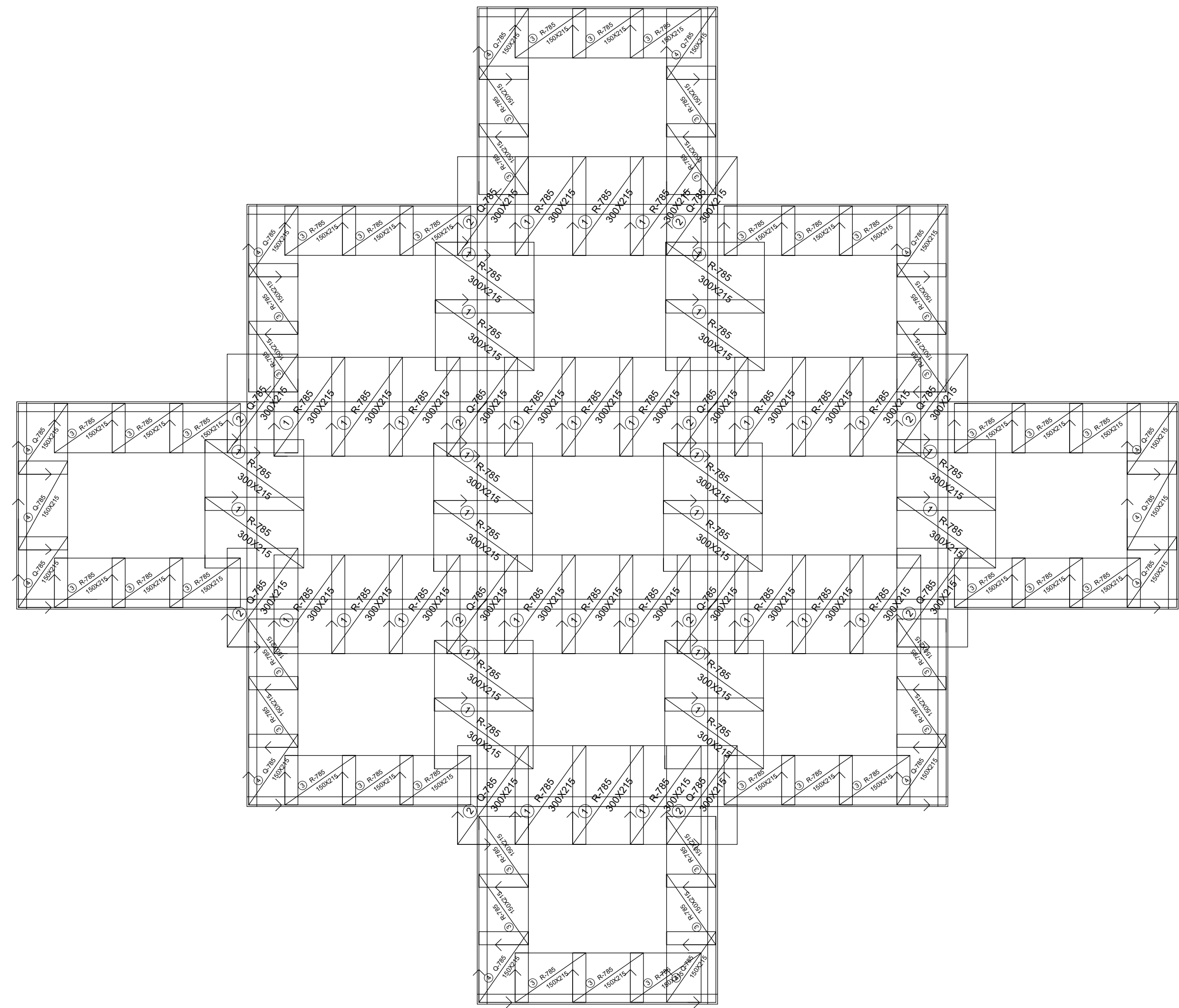
ISKAZ MREŽASTE ARMATURE Čelik B500B					
POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m <sup>2</sup> )
1	Q-424		215x570	39	6,81
2	Q-424		145x570	13	6,81
UKUPNO: (KG)...				3986,5	

ISKAZ REBRASTE ARMATURE Čelik B500B					
POZ.	OBLIK	Ø	JED. MASA (kg/m)	KOM.	MASA (kg)
1		10	0,617	610	865,7
2		10	0,617	504	528,6
UKUPNO: (KG)...				1394,3	



10.6.ARMATURA STUBIŠTA M 1:50

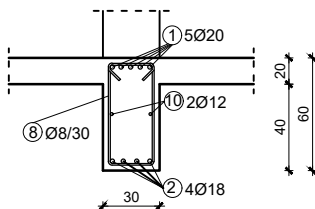




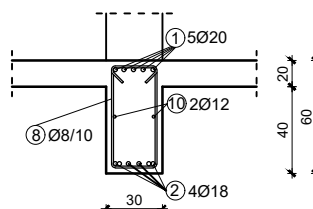
10.4.ARMATURA PLOČA POZICIJE 200  
(GORNJA ZONA) M 1:100

ISKAZ MREŽASTE ARMATURE Čelik B500B					
POZ	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZUJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m2)
1	R-785		300x215	40	7,35
2	Q-785		300x215	12	12,46
3	R-785		150x215	44	7,35
4	Q-785		150x215	12	12,46
UKUPNO: (KG)...				4358,87	

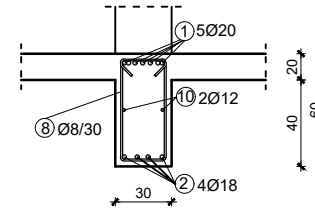
Presjek 1-1 (M 1:25)



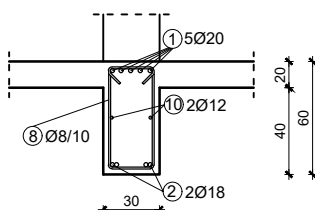
Presjek 2-2 (M 1:25)



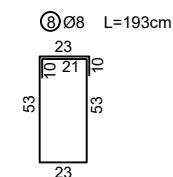
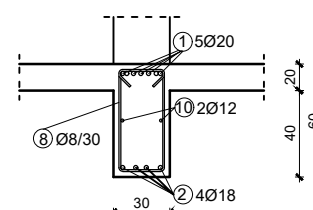
Presjek 3-3 (M 1:25)



Presjek 4-4 (M 1:25)



Presjek 3-3 (M 1:25)



ISKAZ REBRASTE ARMATURE B 500B						
Pozicija	Ø	Oblik šipke	L (m)	n	Jedinična masa (kg/m)	Ukupna masa (kg)
1	20		12,00	10	2.466	295,92
2	20		7,95	4	2.466	78,42
3	20		11,70	5	2.466	144,26
4	18		8,35	4	1.998	66,73
5	18		8,20	6	1.998	98,3
6	18		11,70	6	1.998	140,26
7	18		4,7	2	1.998	18,78
9	12		11,54	2	0,888	20,5
10	12		12,00	2	0,888	21,31
8	8		1,93	230	0.395	175,34
Ukupno:						1059,8kg